

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS

Sección de Químicas. inéditas



TESIS DOCTORAL

**Acción de diferentes compuestos de hierro sobre la
corrección de la clorosis férrica**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Hernán Leónidas Concetti

Madrid, 2015

UNIVERSIDAD DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS - SECCION QUIMICAS



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE



5324471983

T1

546

CON

ACCION DE DIFERENTES COMPUESTOS DE HIERRO
SOBRE LA CORRECCION DE LA CLOROSIS FERRICA

b2409156x

i 36066072

MEMORIA

que presenta HERNAN L. CONCETTI MAZZA

para aspirar al grado de

DOCTOR EN CIENCIAS QUIMICAS

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE - MADRID
Facultad de Ciencias Químicas
BIBLIOTECA
Nº Registro34070.....

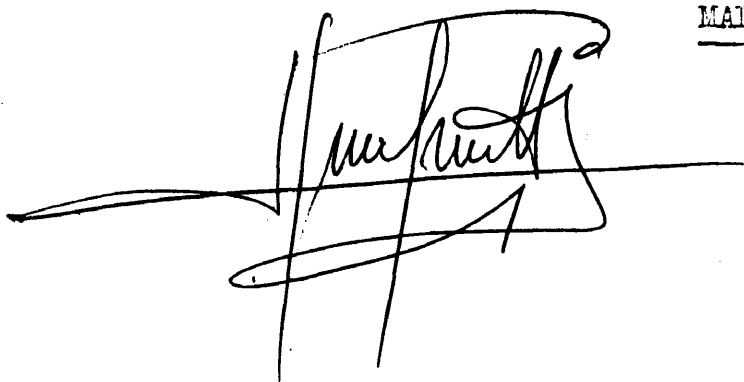
MADRID, 1972

Mi reconocimiento al Profesor Dr.
VALENTIN HERNANDO FERNANDEZ por su
dirección y constante estímulo en la
realización de este trabajo. Al Profesor Dr.
FERNANDO BURRIEL MARTI por haber
apadrinado estas tareas.

El agradecimiento al CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS
a su INSTITUTO DE EDAFOLOGIA Y BIOLOGIA VEGETAL de Madrid y al
DEPARTAMENTO DE FERTILIDAD DE SUELOS Y NUTRICION VEGETAL por las faci-
lidades que me otorgara para realizar este trabajo, y en particular a
su personal por la colaboración con que siempre me han distinguido.

El presente plan de investigación se desarrolló de acuerdo al convenio establecido entre el CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS DE ESPAÑA y el CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNICAS DE LA ARGENTINA.

MADRID, 1972

A large, stylized handwritten signature in dark ink, featuring a prominent horizontal stroke and a large loop, positioned to the left of the date.

S U M A R I O

- 1.- INTRODUCCION Y OBJETO DEL ESTUDIO
- 2.- ANTECEDENTES
- 3.- DESARROLLO EXPERIMENTAL, DISCUSION DE LOS RESULTADOS
- 4.- CONCLUSIONES GENERALES
- 5.- RESUMEN
- 6.- ANEXOS
- 7.- BIBLIOGRAFIA

1.- INTRODUCCION Y OBJETO DEL ESTUDIO

1.- Introducción y objeto del estudio

Amplias áreas de la producción agrícola están afectadas por una inadecuada nutrición de sus cultivos.

En estas condiciones se hallan las zonas que ven directamente disminuida su producción por una deficiente nutrición con hierro.

El problema que así se plantea es de suma importancia práctica.

La llamada clorosis inducida de hierro, que se presenta en suelos calizos, afecta entre otros cultivos, muy especialmente a árboles frutales, siendo entre ellos el melocotonero (duraznero, *Prunus Persica*) uno de los más sensibles.

Hoy nuestra atención la centramos en ese bioelemento, y sobre él, en una primera parte, realizamos una revisión de sus aspectos más sobresalientes en la nutrición vegetal, y los problemas emergentes de su deficiencia y las técnicas más usuales para su corrección.

La corrección de esta deficiencia, hoy en día se considera que no puede ser seguramente satisfactoria sino se emplean determinados quelatos, según las características de los suelos y esto de una forma periódica.

Debido a su costo, económicamente resulta un método, en la mayoría de los casos, de limitada aplicación por parte del productor de determinadas zonas. Por otra parte cuando la

retribución económica de la cosecha permite su empleo, se rebaja sensiblemente el beneficio que se pueda obtener.

Esta ha sido la razón principal del presente estudio donde tratamos de corregir un estado de deficiencia de hierro, conseguir una mayor claridad sobre el problema y la posibilidad de un procedimiento mucho más económico y al mismo tiempo eficaz, basandonos en nuestras experiencias, a pesar de que muchos especialistas, y sobre todo agricultores, no daban garantía al empleo del sulfato de hierro.

Precisamente la disparidad de los resultados anteriores nos llevó a realizar el presente estudio con la mayor garantía para tratar de aclarar la información precedente. Por esta razón nuestra experiencia se desarrolló en invernadero para controlar el suministro de agua, el que muchas veces por su aplicación en exceso, ha sido motivo de atribuírsele el desarrollo de la deficiencia, y además mantener unas condiciones ambientales controladas.

El sulfato de hierro fué mantenido en mezcla con estiércol durante tres semanas con el objeto de alcanzar el equilibrio, causa a la que atribuimos muchos de los resultados obtenidos. El quelato utilizado, Fe-EDDHA, es el más adecuado al tipo de suelo y reacción del mismo.

Establecido este primer objetivo, nuestro propósito va más allá. Simultaneamente al estudio de los distintos compuestos que aportan hierro al suelo, hemos establecido tratamientos con diversos niveles de fósforo y potasio con el objeto de estudiar la influencia de éstos, suponiendo la interacción de ellos y la utilización de hierro. La razón de este estudio se basa en una información bibliográfica en modo alguno concluyente.

El tamaño de los tiestos, el porte alcanzado por los árboles y el propósito de llevar a cabo la experiencia en invernadero, limitó las posibilidades de que planteásemos un experimento factorial con tres niveles de fósforo y potasio; sin embargo el estudio con dos niveles ha proporcionado resultados altamente satisfactorios en los dos ciclos del cultivo.

En un segundo año hemos querido observar el mantenimiento de los efectos de los niveles y compuestos con los que hemos aportado hierro al suelo y la posible influencia que sobre ellos pueden tener las dosis de fósforo y potasio suministradas en éste nuevo ciclo a la planta.

Estas experiencias tienen además como objeto observar el comportamiento de un cultivo de melocotonero (duraznero o *Prunus Persica*) que se desarrolla en un suelo calizo que corresponde a una zona en donde son evidentes los signos de clorosis

en las plantas, como la es la del Valle del río Ebro.

Este cultivo, sensible a los desequilibrios nutricionales, es por otra parte de significativa importancia económica para determinadas zonas, motivo por el cual nos ha impulsado a realizar el estudio con el mismo.

Los trabajos que se desarrollaron no tienen solo como fin estudiar unicamente el comportamiento del hierro sino que nos proponemos observar la respuesta sobre una serie de macro y micronutrientes y establecer, cuando el interés lo recomendase, las relaciones y posibles influencias de éstos con el hierro.

Con el presente trabajo se trata de contribuir de una forma directa a estudiar un método de corrección de la clorosis férrica y comprobar la efectividad del mismo.

Finalmente, como extensión de los experimentos señalados, hemos creído de particular interés el llevar a cabo otros con soja en medio hidropónico con el fin de comprobar el efecto de las sustancias húmicas extraídas del material orgánico tratado con la sal de hierro, frente a otros compuestos que suministraron ese nutriente.

Por último debemos indicar que al llevarse a cabo este plan de tareas dentro del convenio de intercambio entre el Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Argentina, se impusieron en su desarrollo las limitaciones de tiempo propias del mismo por lo que hubo que hacer un cuidadoso plan dentro de los márgenes permitidos.

2.- ANTECEDENTES

2.- ANTECEDENTES

- 2. 1.- Importancia del hierro en los procesos fisiológicos de la planta
- 2. 2.- El hierro en el suelo
- 2. 3.- El hierro en la planta; su contenido
- 2. 4.- Manifestaciones de deficiencia de hierro en la planta
- 2. 5.- El diagnóstico de la deficiencia. Métodos de diagnóstico.
- 2. 6.- Factores que dan origen a la deficiencia de hierro
- 2. 7.- Métodos tendientes a la corrección de la clorosis
- 2. 8.- Métodos de tratamiento de la clorosis
- 2. 9.- Los quelatos en la nutrición vegetal
 - 2. 9.1.- Los agentes quelantes. Quelatos de hierro
 - 2. 9.2.- Los quelatos en el metabolismo vegetal
 - 2. 9.3.- Aplicación de quelatos en casos de deficiencia de nutrientes.
- 2.10.- Complejos orgánicos de origen natural en nutrición vegetal
- 2.11.- La materia orgánica del suelo. Sustancias húmicas
 - 2.11.1.- Procesos de mineralización y humificación
 - 2.11.2.- Las sustancias húmicas y su acción en el suelo, sobre la fertilidad y el desarrollo de las plantas
 - 2.11.3.- La formación de complejos por la materia orgánica del suelo.

2.1.- Importancia del hierro en los procesos fisiológicos de la planta.

Las plantas para su normal desarrollo necesitan una serie de elementos que participan de una manera u otra en su desarrollo sobre distintos procesos.

De ellos, algunos están presentes en cantidades muy pequeñas en relación con otros, motivo por el cual se les ha denominado oligo-elementos, elementos menores o elementos traza. No por ello su importancia es menor, por el contrario su presencia en niveles por debajo o por encima de los adecuados da lugar a importantes alteraciones en los cultivos.

El presente trabajo considerará en particular algunos aspectos de la problemática del hierro como nutriente.

La bibliografía que hace mención de éste elemento en ese aspecto, es numerosa.

Griss (59) ya en 1843 estudia los fenómenos que se manifiestan en los vegetales ante una carencia de éste elemento.

Sachs (131) en 1860, establece la necesidad del mismo en plantas superiores.

Wolf (162) en 1913 le asigna al hierro un papel de catalizador debido a las pequeñas cantidades que intervienen en el metabolismo.

Eyster (49) en 1928 supone como función más importante del hierro su participación en la formación de clorofila.

Hopkins (63) afirma, más tarde, que la concentración de éste elemento tiene importancia en los procesos de oxidación biológica.

Mulder (104) en 1952 da al hierro, junto con el manganeso, el papel de reguladores del potencial de oxido-reducción celular en iluminación y oscuridad.

En diversos procesos biológicos se manifiesta la importancia del hierro

- el de la respiración celular, regulado por una enzima que contiene éste elemento (Warburg, O.) (163), (164)
- la actividad de fotosíntesis está relacionada con éste elemento; en éste proceso se utiliza energía química del citocromo que descubriera Hill (64), (65). El hierro (5) da lugar también a la formación de citocromos. De los tres componentes (b_3 , c y f) solo el f es característico del tejido fotosintético (66). Por otra parte la relación entre clorofila y citocromo f en algunas plantas es del mismo orden a pesar de que el contenido de clorofila es distinto (41). Lundergardh (100) comprueba que el citocromo f está en forma oxidada en la luz y reducida en la oscuridad, pero que las otras formas, b_3 y c no parecen ser afectadas por la luz.

En este orden de cosas debemos destacar que varios autores exponen diversas conclusiones sobre los efectos de la luz en la clorosis férrica, acentuándola en cuanto que puede ser factor de destrucción de clorofila. En condiciones de baja intensidad de luz se ha visto desarrollo y formación de clorofila normal con deficiencia de hierro (62). En esas condiciones de baja iluminación se obtuvo un aumento del contenido de clorofila en hojas de peral (42).

En la literatura se observan conclusiones que ponen de manifiesto la destrucción de la clorofila por influjo de la luz (89),(159),(160) o sea fotodescomposición.

- está comprobada la influencia del hierro en la síntesis clorofílica. Cuando el nivel de éste elemento no es suficiente en las plantas, las hojas pierden su color verde, adquiriendo un característico amarillamiento, recuperándose generalmente con un aporte de éste nutriente.

Algunos autores afirman que solo es necesario para la formación del grupo pirrol (119) de la molécula (113),(120),(83). El proceso de síntesis en sus etapas iniciales indica la formación de una protoporfirina (la protoporfirina-9), molécula precursora de la clorofila (50),(165) y de la que se produce acumulación cuando hay inhibición a la formación de clorofila en casos de deficiencia de hierro (60). La relación que se puede establecer entre hierro y clorofila es complicada. Algunos establecen una relación entre clorofila y el hierro total (85),(4),(166), hallando menor cantidad de éste en hojas cloróticas. Hay autores que la relación entre la clorofila y el hierro la establecen con su forma soluble, denominada también activa y asimilable (1),(114),(105). Sobre éste aspecto algunos autores (61),(65) anotan que en el proceso de formación de la clorofila no todo el hierro es activo sino que éste elemento debe estar en una forma como la ferrosa por su menor estabilidad respecto a los compuestos férricos y por lo tanto

más fácilmente desplazable de la protoporfirina por el magnesio. Sin embargo Cain (20), considera el hierro soluble como el que presenta la forma férrica por su solubilidad en medio acuoso, la que es controlada por el ión hidroxilo, que es función del pH. Por eso en sus experiencias encuentra que las hojas afectadas de clorosis calcárea tienen mayor pH que las hojas normales.

Por otra parte Lindner y Harley (99), apoyan el hecho de que el desplazamiento de hierro por potasio inactiva el sistema que da origen a la clorofila. Por su parte Abadía (1) a este respecto afirma que el potasio está en concentraciones mayores en hojas cloróticas que en las que se aportó hierro y en las que se observa una disminución del contenido de potasio antes de llegarse a la formación de clorofila.

Finalmente cabe agregar que el potasio representa el papel de ión transporte en la fisiología de la planta, la que ante una reducción en el tenor de hierro absorbe más de aquel nutriente,

2.2.- El hierro en el suelo

El suelo, medio complejo y dinámico (44), representa la fuente primaria de éste elemento. Muchos minerales de interés en cuanto a su contenido de hierro, se encuentran en él (12).

Geoquímicamente solo lo consideraremos desde el punto de vista de su disponibilidad mayor o menor frente a la planta y así establecemos que (31):

- el hierro soluble está representado como
 - ión ferroso cuando se dan condiciones reductoras y sin presencia de agentes acomplejantes.
 - ión férrico en acidez elevada
 - como complejos di y trivalentes con carácter de quelatos.
- el hierro insoluble está representado como
 - óxido (Fe_2O_3) hidratado en mayor o menor grado
 - hidróxido ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) y óxido (FeO)
 - participando en muchos silicatos (68)
- el hierro formando complejos coloidales

En el suelo la existencia de iones ferroso y férrico está encerrada entre niveles limitados por factores como el pH para cuyos valores en el suelo se hace practicamente imposible la existencia de hierro férrico en la solución del suelo. En lo que respecta al hierro ferroso, éste se oxida a férrico en suelos bien aireados y en condiciones de pH

favorable (alcalinidad).

Las soluciones de suelos de pH neutro o alcalino dan valores bajos de hierro en sus dos formas. No obstante fueron encontradas formas orgánicas solubles (6), (115) que pueden ser reducidas y que son efectivos vehículos portadores en la nutrición vegetal.

Los iones di y trivalentes de hierro tienen un comportamiento diferente por su distinta solubilidad frente al pH.

Para un pH bajo, de un valor de 2, el hierro de una solución 10^{-2} M es soluble, no obstante a pH mayor se insolubiliza. Para el hierro divalente, en cambio, la solubilidad se mantiene hasta un pH de 7,7, comenzando en éste punto la precipitación del $\text{Fe}(\text{OH})_2$.

La presencia de las formas di o trivalentes de hierro en el medio está supeditada a las características oxidantes y reductoras del mismo. En 1959 Hem y Cropper propusieron una representación en la que se expresaba las distintas formas en que el hierro puede presentarse conforme a pH y Eh (77).

Los agentes complejantes, como veremos más adelante, modifican este cuadro; debemos conocer la influencia de la materia orgánica del suelo como factor de importancia en este aspecto (135).

Si bien el estado iónico del hierro está influenciado por el pH del medio, hay además otros factores de origen edáfico

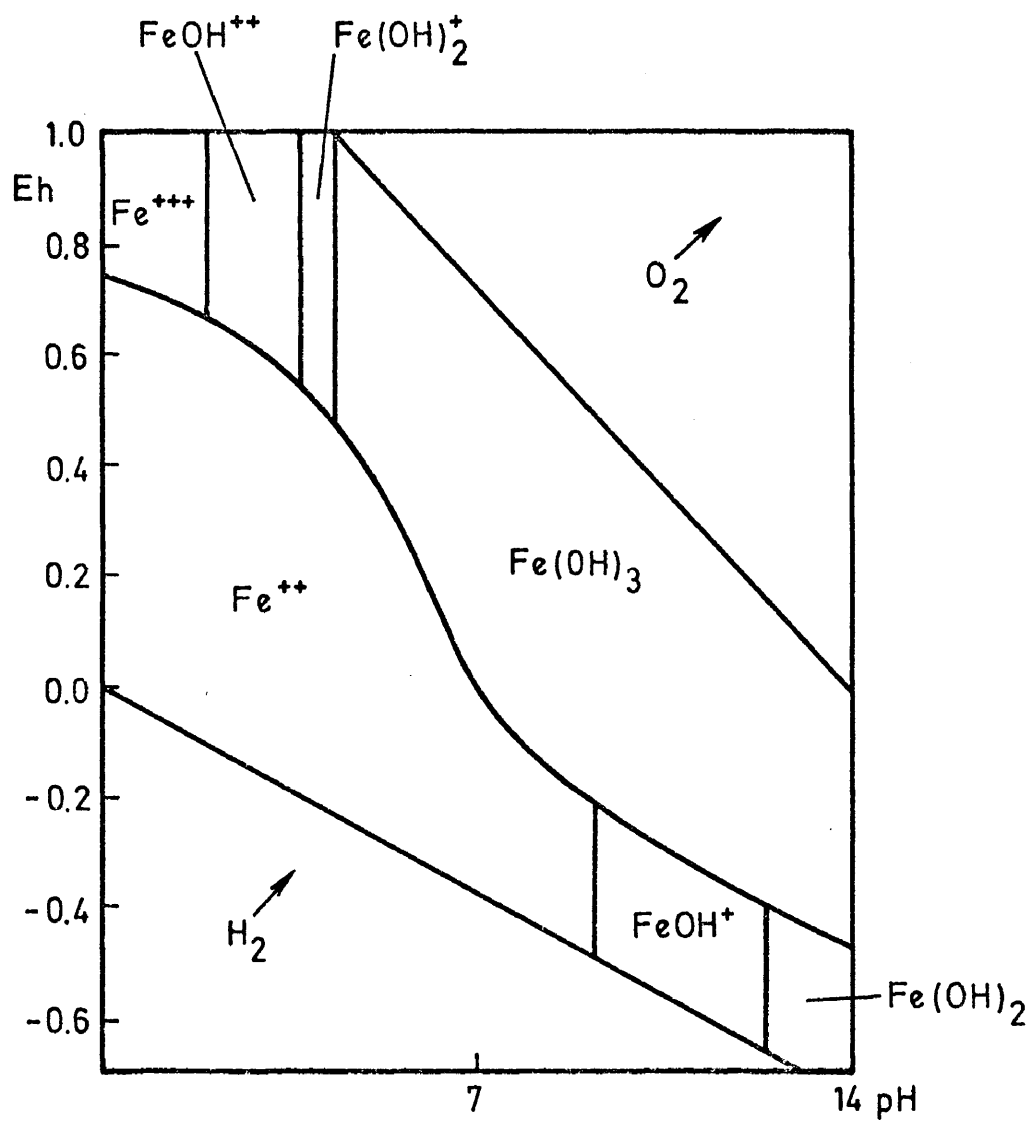


Fig. 1.- El pH y Eh en la distribución de los compuestos de hierro. (HEM, J.D. y CROPPER, W.H.)

físicos y químicos que afectan aquel.

La movilización en períodos húmedos e inmovilización en los secos está condicionada por el régimen hídrico (84).

Este problema de movilización adquiere aún otros aspectos si se involucran condiciones como la presencia de materia orgánica. La bibliografía está presente con numerosos trabajos que relacionan la movilidad del hierro y la ~~materia~~ materia orgánica en el suelo, pero con muchos problemas aún sin resolver.

2.3.- El hierro en la planta; su contenido

En la planta se acentúa la necesidad del hierro con el desarrollo de cloroplastos en el tejido foliar.

Los valores de hierro en los tejidos vegetales son variables y la literatura da niveles igualmente dispares para diferentes especies.

Se citan valores de 25 a 50 ppm (67). Los valores máximos en granos de algunos cereales no alcanzan los 130 ppm (106). En hojas de citrus normales Carpena (21) indica valores del orden de 70 a 130 ppm. Los valores en hojas de albaricocoque oscilaron entre 82 y 290 ppm (51) y para melocotonero los contenidos de hierro aumentaron con el transcurso del tiempo; para éste cultivo se citan valores extremos de 82 y 227 ppm (52).

En hoja de naranjo se establecieron los siguientes niveles para hierro: deficientes para valores por debajo de 40 ppm

bajo para valores entre 40 y 60 ppm

satisfactorio para valores entre 60 y 150 ppm

elevado para valores superiores a 150 ppm

(186)

Sistematicamente, en limonero, se encontraron valores más bajos en las hojas en estado agudo de clorosis que en los fisiológicamente normales (22).

2.4.- Manifestaciones de deficiencia de hierro en la planta.

Las alteraciones en los niveles nutricionales de la planta dan estados de anormalidad en la misma. Las condiciones del medio y en especial del suelo, dan como resultado aquellas alteraciones; las causas específicamente las consideraremos más adelante.

El término genérico de clorosis designa habitualmente una afección o estado patológico en los vegetales caracterizado por una pérdida o incapacidad de formar clorofila y en consecuencia se manifiesta una disminución en la coloración verde de las hojas.

En esta situación se encuentran aquellos vegetales desarrollados en suelos calcáreos, dándose la clorosis calcárea, clorosis cal-inducida o calciosis. Se destaca en esta situación como nutriente problema el hierro por lo que encontramos denominaciones como clorosis férrica o clorosis o deficiencia inducida de hierro.

Debemos considerar aparte los fenómenos de clorosis debidos a situaciones originadas por parasitismo, toxicidad, factores genéticos y para cuya situación se les otorga denominaciones como moteado, mosaico, jaspeado.

Los síntomas de deficiencia son generalmente similares para los vegetales aunque el proceso pueda ser distinto según la especie.

En las hojas se evidencia un progresivo amarillamiento en toda la superficie intervenal; las nervaciones permanecen verdes mientras la clorosis no sea acusada pues en casos más avanzados, queda la hoja totalmente amarilla.

La defoliación es prematura y en modo acusado. En ciertos momentos llegan a aparecer algunas áreas necróticas en las plantas y los márgenes de las hojas.

Las hojas jóvenes son las primeras afectadas siguiendo luego a todo el conjunto foliar.

En cultivos como de manzano las hojas se vuelven rápidamente amarillas y blancas. En peral y membrillero a ese síntoma, además, se suman áreas necróticas que pueden llegar a abarcar la mayor parte de la hoja.

En los brotes se evidencia una longitud reducida con entrenudos cortos, y la emisión de nuevas hojas es lenta.

Se manifiesta una muerte desde el ápice en forma descendente, pudiendo afectar el brote entero apareciendo seco y defoliado.

En los estados más agudos se llega a la muerte del árbol.

Los frutos en árboles frutales se ven afectados en su tamaño, siendo más pequeños y en casos extremos llega a no formarse, a no haber fructificación.

La producción merma notablemente y la calidad se ve visiblemente afectada.

La composición química de una hoja nos pone de manifiesto la

relación entre la planta y el medio; en estados cloróticos hallaremos la misma alterada como índice de anormalidad de esa relación.

Olsen (114) indicaba que las hojas cloróticas pueden contener mayores concentraciones de fósforo que las verdes.

Se ha comprobado en plantas cloróticas la existencia de cantidades más elevadas de compuestos nitrogenados que en hojas normales, además de un aumento de la relación nitrógeno soluble/nitrógeno total que denota una depresión de la síntesis protéica (126), (172).

Respecto a la influencia del calcio se ha podido comprobar que la hoja clorótica puede presentar un nivel más bajo que la hoja normal (171) y además se le atribuye una acción desfavorable en el suelo y en la planta (155).

Con relación al potasio, Hewitt y Bolle-Jones (80) sugerían que puede mejorar la utilización del hierro y que el hierro puede impedir la traslocación del potasio. Se encontró que incrementando el potasio suministrado, se incrementaba la concentración de hierro en las hojas aunque por su parte disminuye el fósforo, aumentando la concentración de clorofila en la hoja (15).

Por su parte Lundegårdh (103) indica que la relación K/Ca es uno de los factores más importantes en los estudios de la composición mineral de la hoja.

2.5.- El diagnóstico de la deficiencia. Métodos de diagnóstico

Respecto al diagnóstico, éste generalmente se basa en la observación visual. No obstante es conveniente utilizar otros métodos.

- El método biológico suministra a la planta el elemento en que se sospecha es carente y se observa su recuperación.

La vía de éste suministro puede ser ya por inmersión (123), por inyección en pecíolo o foliar (124).

- Las técnicas químicas pueden aportar comprobaciones de los niveles en hoja y los críticos, correspondientes para un determinado cultivo.

Estos valores dependen de una serie de condiciones (32), (43), (148). Desde la toma de muestra hasta una conveniente técnica de análisis químico los autores vierten opiniones diferentes. Algunos toman las muestras de ramas fructíferas y otros en brotes no fructíferos (125). La bibliografía cita trabajos que establece el número de hojas de un solo árbol que da la muestra representativa (22) y número de repeticiones suficientes para muestrear una parcela por diferentes métodos (167).

- El método citológico nos proporciona valores diferentes entre el número y volumen de los cloroplastos normales y los deficientes en hierro (23), (24).

2.6.- Factores que dan origen a la deficiencia de hierro

En general las causas que convergen hacia la clorosis pueden estar resumidas en:

- las que se relacionan con la absorción del elemento por la planta.
- las que se relacionan a su asimilación y que dependen del metabolismo de cada especie vegetal.

Los factores inductores de la clorosis férrica son, alguno de ellos, diversos y complejos; pueden estar presentes simultaneamente o predominando, en forma temporal o permanente, uno determinado.

Los factores o causas que dan origen a la deficiencia de hierro (69), (153) ordenadamente pueden considerarse así (22).

- Contenido bajo de hierro disponible en el suelo.

La corrección se hace generalmente con un aporte adecuado de hierro al suelo.

- Elevada concentración de los iones bicarbonatos en el suelo o en el agua de riego.

A éste ión hay autores (107), (86), (108) que le atribuyen un efecto positivo, favoreciendo la clorosis por su acción depresora en la respiración, absorción y transporte de nutrientes. Se ha comprobado igualmente que el agua de riego con elevado tenor de éste ión influye

sobre la clorosis.

- Altos niveles de fósforo, nutrientes y caliza.

Un exceso de fósforo al pH de los tejidos puede llegar a precipitar en formas insolubles; en éstas condiciones el transporte de hierro desde las raíces llega a ser insuficientemente bajo como para denotarse una real deficiencia.

La acción insolubilizante del fósforo (47),(126),(72) se pone de manifiesto en una alteración en el transporte y en el metabolismo del hierro por la precipitación de fosfatos de hierro ya en las raíces (13) como en el tejido foliar (14).

Cuando la concentración de fosfato en la solución nutriente es alta, el hierro es precipitado lo que confirma el papel de insolubilizante de aquel ión (13).

- La insuficiencia puede estar inducida por la presencia de un exceso de otros iones en la disolución del suelo como cobre y manganeso, por ejemplo, los que pueden llegar a disminuir las posibilidades de absorber el hierro por las plantas, ya sea por competencia iónica como por incompatibilidad química. Valores elevados de micronutrientes pueden por lo tanto, llegar a producir clorosis.

Esta toxicidad particularmente dada en terrenos ácidos puede atribuirse, según algunos autores, a una sustitución del hierro en el sitio del complejo protéico (136).

La acción que llevan a cabo los microelementos sobre la clorosis se refiere a su elevada concentración como en el caso del cobre, manganeso y zinc (7),(25).

- En cuanto al potasio, algunos autores dan la evidencia de una acción clorosante (99) mientras que otros le asignan un papel anticlorosante (78),(171),(172), siendo más atendible este último; según algunos trabajos, el hierro necesario a la síntesis de la clorofila disminuye con el aumento del nivel de potasio (1),(15).
- Más importante que el considerar el efecto aislado de los elementos nutritivos, lo es el desequilibrio y antagonismo que se origina entre ellos, como en el caso de la relación Ca/K, la cual tiende a ser más baja por la acumulación de potasio en las hojas independiente a su concentración en el suelo calcáreo.
- Otros factores como el pH tienen un destacado papel ya que valores elevados inmovilizan el hierro y a esto va unido la presencia de caliza. A los suelos con exceso de carbonato de calcio, se les atribuye la capacidad de producir clorosis, pero lo notable es que se han hallado en suelos calizos árboles cloróticos junto con los normales, conviviendo en iguales condiciones adversas.
- Los factores climáticos y agentes microbianos son también causantes, en una medida u otra, de algún grado de

de clorosis. La humedad y temperatura influencia sobre éste problema ya que en suelos calizos favorece el desarrollo de la deficiencia de hierro.

Los agentes microbianos por oxidación pueden llegar a inmovilizar el hierro.

- Las características propias de cada especie llevan a que algunas sean más precoces que otras para manifestar la clorosis (7).
- Según Fichera (53), la influencia de la fertilización sobre la clorosis férrica se traduce en un mecanismo como el que muestra el esquema correspondiente, en el cual el exceso de nitrógeno nítrico en la planta juega un papel determinante, por lo que indica el uso adecuado del fertilizante nitrógeno.

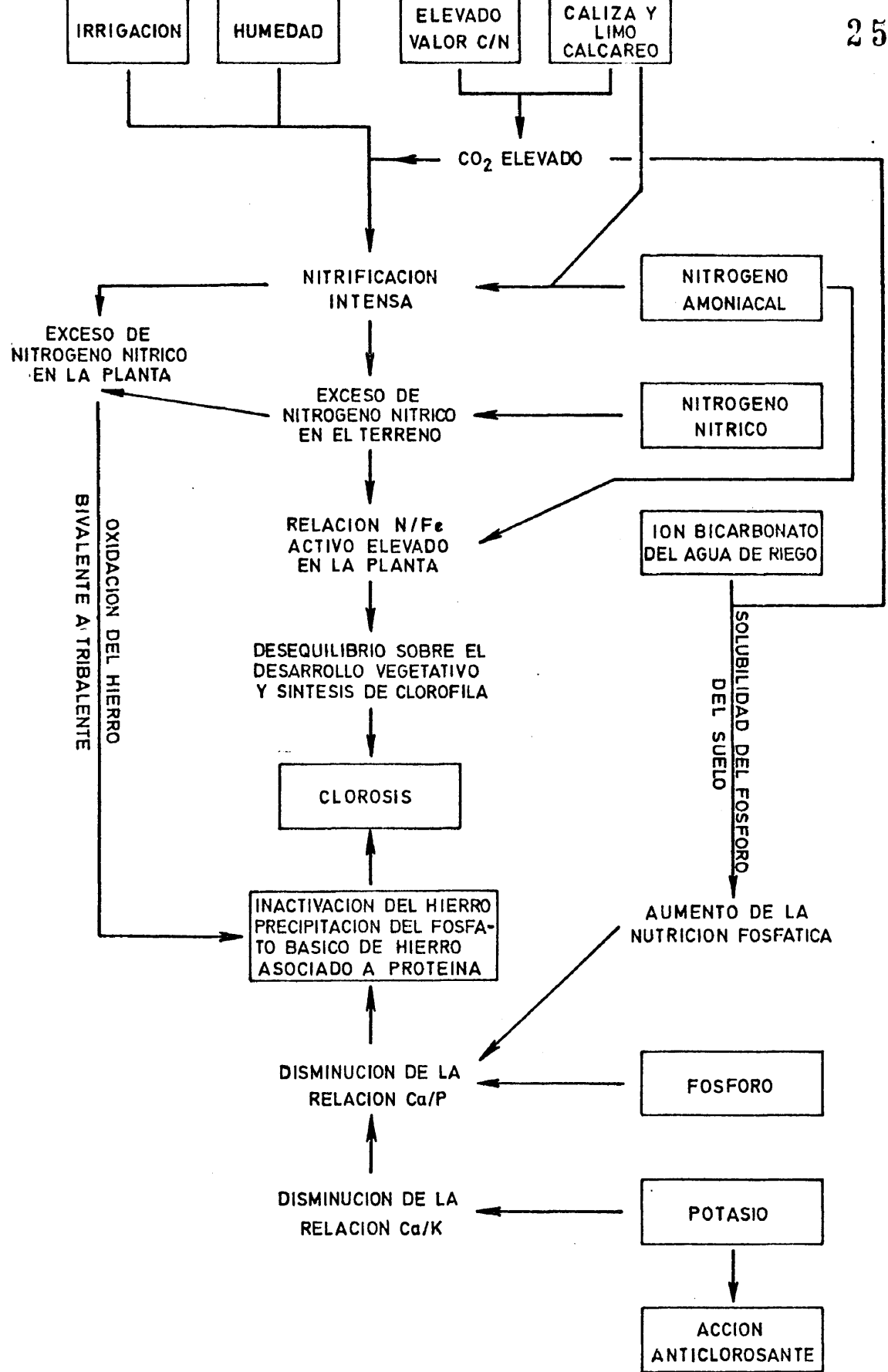


Fig. 2.- Influencia de diversos factores sobre la clorosis
(FICHERA, P.)

2.7.- Métodos tendientes a la corrección de la clorosis

Nos referiremos en este apartado a las medidas que están a nuestro alcance para tender al control de la clorosis férrica y, en éste caso específicamente, a aquellas encaminadas a limitar, y en el mejor de los casos eliminar, las causas que de un modo u otro pueden llegar a provocar clorosis; por otro lado trataremos de aquellas condiciones que tienden a reducirla o anularla.

Las medidas de corrección tienen especial interés en muchos casos, no obstante sus posibilidades son limitadas a medida que se intente realizar en suelos con elevado poder clorificante, y en éste caso en aquellos en los que el contenido de calcio activo es un factor dominante.

Mejores resultados se dan en suelos moderadamente calcáreos; de cualquier forma toda medida coadyuva a mejorar las condiciones.

Entre las medidas correctivas vamos solamente a citar las siguientes:

- Métodos encaminados a lograr una disminución del pH del suelo (con azufre, ácido sulfúrico diluido, sulfato de aluminio) o cuando convenga una elevación del mismo (con cal hidratada, carbonato de sodio, etc.). Lo que se desea es que el valor del pH adquiriera los niveles más adecuados por debajo de la normalidad y en una ligera acidéz.

- El equilibrio en los abonados, principalmente en los nitrogenados y los potásicos. Ya anteriormente se hacía mención (53) de la necesidad del control sobre los primeros cuando se trata con sales amónicas.
- Otra medida de convenientes resultados es el mantenimiento de un elevado contenido de materia orgánica en el suelo, ya en superficie como en profundidad.
- Prescindir del uso o tratar de corregir los efectos de las aguas de riego cargadas de sales. Por ello es necesario un control adecuado de los riegos, asegurando un buen drenaje; con ello favorecemos una adecuada aireación de raíz y subsuelo.
- El establecimiento de una cubierta vegetal, desde el punto de vista de manejo del suelo, es una medida de efectivo interés con el objeto de aliviar y hasta llegar a corregir el problema. Con ésta práctica se efectúa una beneficiosa incorporación de materia orgánica cuyos efectos en particular veremos más adelante. Además favorece no solo nutricionalmente sino estructuralmente al suelo.
- La mejora general de las propiedades físicas del suelo y de su estructura para favorecer su aireación y drenaje, es otro medio eficaz que se suma a los anteriores.

2.8.- Métodos de tratamiento de la clorosis

Hay una serie de tratamientos correctivos de la clorosis que han ocupado numerosos planes de investigación.

- Las sales inorgánicas de hierro son incorporadas al suelo con este fin, destacándose el sulfato ferroso con resultados relativamente satisfactorios en cultivos poco afectados y menos satisfactorios en cultivos en estado grave.
- Los compuestos orgánicos (citratos, tartratos, oxalatos, etc.) no han dado una solución al problema al ser agregados al suelo. Se enfrentó con el problema de la acidez de los suelos, la presencia de calcio y la acción microbiana sobre estos compuestos.
- Citaremos aquí, sin entrar a considerarlos en extensión ya que serán tratados en otro capítulo, la aplicación de compuestos de origen orgánico a los suelos, con variables resultados en general satisfactorios. Estos compuestos han reclamado la atención de muchos investigadores y Centros en los estudios de química agrícola.
- Otros tipos de aplicaciones, ya no al suelo por los problemas que se planteaban en el mismo, fueron ensayados. Las pulverizaciones foliares con algunas sales como las citadas (sulfato y sulfato amónico ferroso y citrato férrico) han dado resultados que no son tan satisfactorios como podía es-

perarse, ya que la respuesta es parcial e incompleta. Por otra parte se produce un moteado en la hoja por concentración localizada del producto. La utilización de tensioactivos mejoró el método pero no ampliamente.

- Uno de los métodos que ha sido motivo de numerosas investigaciones es el de la inyección tanto sólida como líquida, de una formulación conteniendo hierro.

Roach (127) desarrolló estos métodos a los que posteriormente se le fueron introduciendo variantes con resultados en general satisfactorios.

El método de inyección a presión de disoluciones de sulfato ferroso adolece de lentitud, dificultades en el proceso de aplicación y costes excesivos.

La aplicación del método de inyección sólida, incorporando el hierro al estado de ión ferroso, evidencia mayor rapidez y economía. Haciendo uso de éste método e incorporando un reductor orgánico y macronutrientes (N,P,K), se comprobó una respuesta satisfactoria (24).

- Al igual que como decíamos anteriormente, citaremos solamente las técnicas empleadas en pulverizaciones foliares con formulaciones conteniendo quelatos. Esta técnica tiene sus ventajas como la independencia de las reacciones que se verifican en el suelo entre otras; pero también sus desventajas, como el peligro de fitotoxicidad sobre hojas y frutos y respuestas incompletas que exige repetidas aplicaciones de productos de estimado costo.

2.9.- Los quelatos en la nutrición vegetal

La aportación de elementos nutritivos necesarios para la nutrición vegetal, mediante compuestos denominados quelatos, ha tenido una amplia difusión y se han ensayado, en muchos casos, con marcado éxito; concretamente podemos citar el caso de quelatos de hierro aplicados en problemas de deficiencia de éste nutriente.

Ya en 1951 Jacobson (187) hacía una aportación con sus experiencias con ese nutriente. Más tarde Stewart y Leonard (132) experimentaron en ensayos a campo sobre cítricos, la acción de los quelatos en un tipo de clorosis férrica.

Morgan y Dew (1920) (188), aplicaban el término quelato (del griego chela=garra) a los grupos que tenían capacidad de producir anillos heterocíclicos que resultan cuando un metal se combina con dos o más grupos donadores de una molécula o ión.

Martell y Calvin (110) definen el término indicando que si la substancia, la cual se combina con el metal, contiene dos o más grupos donadores de manera de formar uno o más anillo, la resultante estructural se llama compuesto quelado o metal quelado y el donador se llama agente quelante.

Por otra parte, para distinguirlos de los compuestos llamados complejos metálicos, siguen indicando que cuando un metal en estado de ión se combina con un donador de electrones,

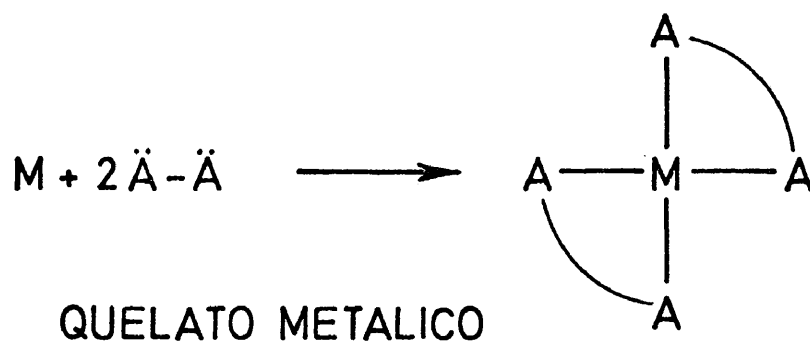
la substancia resultante se denomina complejo o compuesto de coordinación.

Ambos casos se distinguen en el esquema que insetamos por separado.

Los quelatos en la nutrición vegetal han adquirido una extraordinaria importancia. La química de la quelación fué abordada por muchos autores desde éste punto de vista, como Haertl (71), Lehman (101), Schatz (142), etc.

En 1962, Wallace (170) afirmaba que los grupos con ligandos libres y compuestos orgánicos del suelo compiten con las raíces por determinados elementos, pudiéndose llegar a producirse, como en el caso del hierro, clorosis férrica. Este mismo autor, más tarde (173), indicaba que la aportación de elementos nutritivos mediante quelatos puede ser o no eficaz, dependiendo ésto de:

- estabilidad del sistema metal-quelato frente a la hidrólisis o inactivación por el suelo.
- sistema de resistencia a la descomposición microbiana
- especificidad frente al metal que se suministra
- solubilidad en agua del metal-quelato
- utilización, por parte de la raíz, de éstos compuestos y el papel que juegan dentro de la planta.



M = ion metálico

\ddot{A} = agente acomplexante

$\ddot{A}-\ddot{A}$ = agente quelante

Fig. 3.- QUELATO METALICO y COMPLEJO METALICO
(MARTELL, A.E. y CALVIN, M.)

2.9.1.- Los agentes quelantes. Quelatos de hierro

Los quelatos pueden tener un origen natural, como aquellos que se forman con sustancias provenientes de la materia orgánica del suelo, o un origen sintético como las sales de los ácidos poliaminocarboxílicos.

Los quelatos naturales juegan un importante papel en la nutrición vegetal.

La quelación es en realidad un fenómeno natural en el suelo (142).

La atención que han tenido los quelatos en la nutrición vegetal ha sido principalmente dirigida hacia aquellos de origen sintético, como lo veremos más adelante, en los que se ha volcado el mayor esfuerzo investigativo sobre el tema.

No obstante se debe reconocer que el suelo representa una inmensa fuente de productos quelados y agentes quelantes.

Es probable que la complejidad de las sustancias de origen húmico, los procesos que sufre la materia orgánica que aún no están totalmente definidos, haya sido causa de aquella tendencia hacia el estudio de los quelatos sintéticos.

Schatz (142) indicaba la importancia de los agentes quelantes en los procesos pedogenéticos y la fertilidad de los suelos. Wallace (170), por su parte exponía que la presencia de agentes quelantes naturales es una explicación de porqué las plantas pueden tomar el hierro del suelo siendo

éste tan insoluble. Idéntica conclusión expone el mismo autor en otro trabajo (173).

Mortensen (109) indicaba por su parte que muchos trabajos de investigación han sugerido que la materia orgánica del suelo tiene vital importancia en los procesos de quelación y nutrición vegetal, incitando a un mayor y detallado estudio no obstante la complejidad del problema. Hay que reconocer que el llegar a determinar ciertas estructuras que están cualitativa y cuantitativamente sujetas a las variaciones de muchos factores, es en realidad dificultoso.

Miller y Ohlrogge (189) afirmaban que la inmovilización del cinc en suelos cultivados se debe a compuestos quelantes del estiercol, cuando éste se agrega al suelo.

En el capítulo referente a la materia orgánica y sustancias húmicas del suelo, volveremos nuevamente sobre estos aspectos.

Los agentes quelantes sintéticos dan origen a una serie de compuestos que han sido estudiados en sus diferentes aspectos en la nutrición vegetal.

Muchos de estos estudios han sido relacionados al problema de la clorosis férrica.

Vamos a citar algunos agentes quelantes de uso en las investigaciones y estudios que nos ocupan y en relación con el hierro como metal quelado.

- Acido dietilen triamino pentaacético δ

D T P A

- Acido hidroxietil etilen diamino triacético δ

H E D T A δ H E E D T A

- Acido etilen diamino tetraacético δ

E D T A

- Acido dihidroxietil etilen diamino diacético δ

H E D D A δ H E E D D A

- Acido etilen diamino - [o - hidroxifenilacético] δ

E D D H A

El D T P A da lugar a la formación de un quelato de hierro indicado para la corrección de la clorosis férrica en plantas que crecen en suelos ácidos o alcalinos.

El quelato es una sal con un peso molecular de 468.

El pH de una solución al 1% es de 3 y la solubilidad en agua a 25 grados centígrados es del 14 %; es insoluble en solventes orgánicos.

Wallace (174), (175) consideró varios métodos para la determinación química de varios agentes quelantes y quelatos en tejidos vegetales incluyendo el DTPA.

Respecto a la constante de estabilidad el valor del $\log K$ para la forma Fe-DTPA con Fe(III) es de aproximadamente 30 y el valor del $\log K$ para la forma ácida 10,48 (176).

El quelato de Fe-DTPA se mantiene estable en solución entre el rango de pH de 2,5 a 8,0. Es recomendada su aplicación

en suelos moderadamente ácidos o ligeramente alcalinos.

Para suelos ácidos se recomienda el Fe-EDTA y para aquellos altamente alcalinos o calcáreos el Fe-EDDHA; estos dos últimos los consideraremos más adelante.

El DTPA tiene una afinidad por el calcio comparable a la del EDTA (140); su efectividad es mayor que la del HEDTA en la corrección de la clorosis.

El H E D T A da lugar a un quelato de hierro con una estabilidad menor que la del EDTA de hierro, pero no obstante tiene mejores condiciones que éste para el suministro del metal en suelos calizos (140). El valor del log K es para la forma quelato de hierro con Fe (III) de 19,6 (143) y para su forma de ácido el valor del log K es de 9,73 (33). El agente quelante posee un peso molecular de 279, conteniendo tres grupos ácidos y dos grupos aminos.

El E D T A fué el primer compuesto dedicadamente estudiado de la familia de los ácidos poliaminocarboxílicos, en nutrición vegetal en su forma de quelato de hierro.

La estabilidad del quelato con hierro trivalente es mayor que con hierro divalente.

Es recomendado su empleo en suelos ácidos ya que en suelos calizos sus resultados no son satisfactorios (140).

Leonard y Stewart (102) comprobaron mayor eficacia del Fe-HEDTA en la corrección de la clorosis férrica, que el Fe-EDTA en un estudio comparativo de ambos.

El valor del $\log K$ para el quelato Fe-EDTA con Fe (III) es de 25,1 (146), medido por potenciales de electrodo; el valor de su forma ácida por determinación potenciométrica del pH es de 10,2 (144).

El peso molecular del agente quelante es de 295 conteniendo cuatro grupos ácidos y dos aminos.

El H E D D A , estructuralmente posee dos grupos hidroxietilo y da lugar a quelatos de hierro relativamente débiles. Su comportamiento en suelos calizos es análogo al que tienen otros quelatos de hierro como el Fe-EDTA (141). Los valores de las constantes de estabilidad para el quelato Fe-HEDDA con el Fe (III) es de $\log K$ menor de 15; para su forma ácida el $\log K$ es igual a 8,6 (34).

El E D D H A . Vamos a considerar por último este agente quelante y su quelato de hierro el cual es de nuestro particular interés en el presente trabajo dado las características de los suelos.

Este compuesto fué desarrollado y sintetizado por Kroll y col (91); es un compuesto fenólico análogo al EDTA.

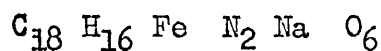
El ácido de este compuesto es insoluble en agua y en la mayoría de los solventes orgánicos; es soluble en ácidos minerales y forma con metales alcalinos y con el amonio sales solubles en agua.

Es efectivo para quelar hierro en solución ligeramente alcalina. Es menos efectivo que el EDTA o DTPA para quelar

el hierro en pH ácido.

Los quelatos de hierro del EDDHA son más estables que los del EDTA, en suelos calizos. Su comportamiento en suelos alcalinos, según Kroll (90), es igualmente efectivo.

Al quelato de hierro resultante, el compuesto férrico del di [o-hidroxifenilacetato] de etileno diamina sódica, se le asignó la fórmula de constitución que se indica más adelante; y su fórmula global corresponde a



con un peso molecular de 435.

De cada quelato y agente quelante hemos indicado su constante de estabilidad que, además de denotar la estabilidad, valga la redundancia, del compuesto en sí y su fuerza de retención del metal, del estudio comparativo de las mismas puede inducirse cuál ión metálico puede ser reemplazado por otro.

La constante de estabilidad del complejo de hierro del EDDHA es aproximadamente de 10^{32} (92) y posee el mismo un intenso color rojo con un coeficiente de extinción de 4650 a 480 mμ en un rango de pH de 3,6 a 9,0.

Varios factores influyen la estabilidad y por lo tanto la formación o descomposición de un quelato.

El pH reviste la mayor importancia en éste problema;

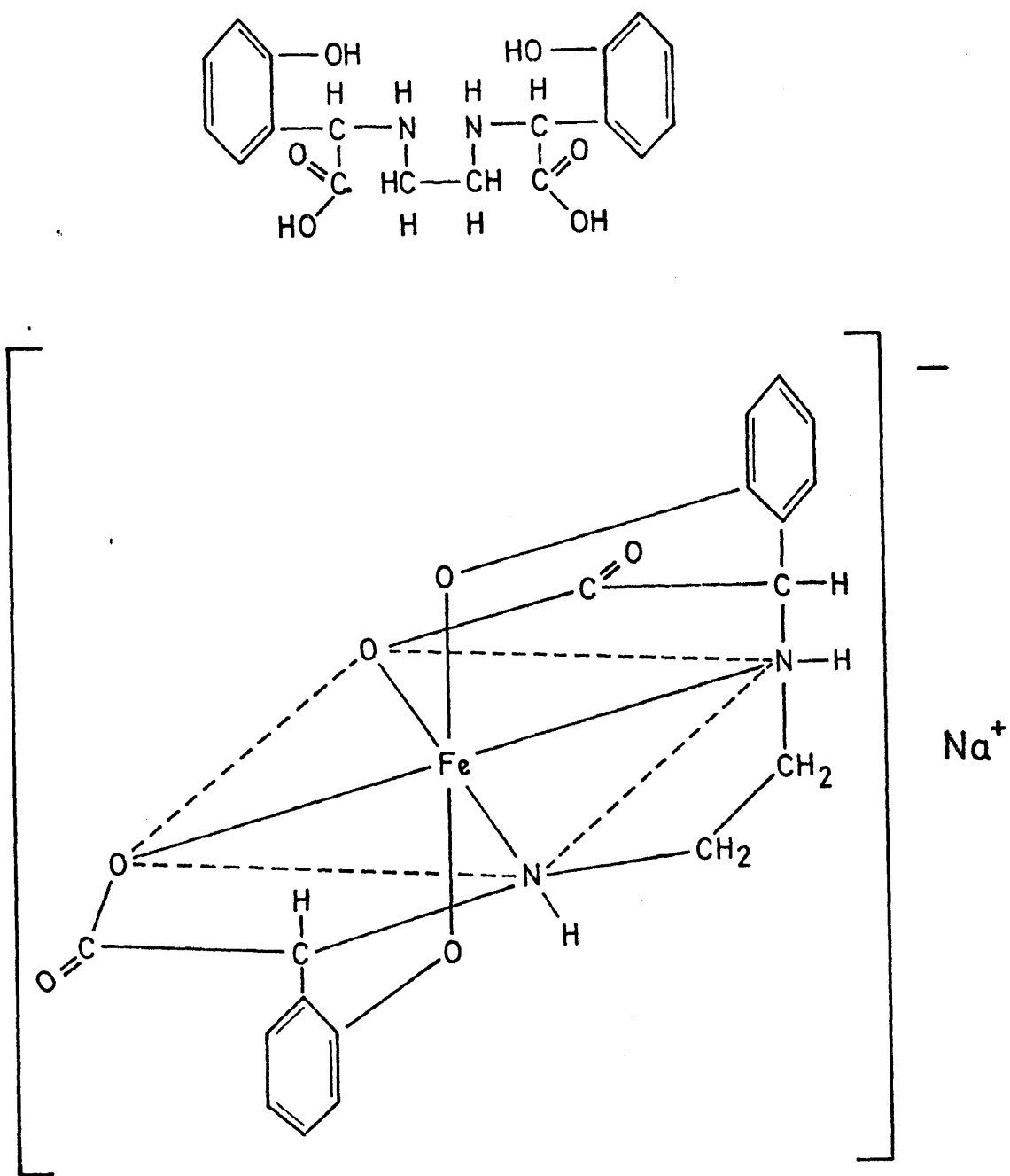


Fig. 4.- El EDDHA y su quelato de hierro (KROLL, H.)

un incremento de su valor suele rebajar la concentración del ión metálico.

El pH afecta la estabilidad del complejo Fe-EDDHA según muestra el gráfico que adjuntamos. Por debajo de un pH 3,6 hay un decrecimiento en el color llegando, a un pH 1, a una disociación tal que desaparece el color (92).

La temperatura incide sobre la solubilidad del quelato, aumentando ésta con un incremento de aquella tal como se indica seguidamente

<u>Temperatura</u>	<u>Solubilidad</u>
en °C	en Grs./mls agua
0	8,66
10	8,81
20	9,38
30	10,24
40	10,56
50	11,03

Varios autores (72),(169), han hallado en estudios comparativos, una mayor eficacia del Fe-EDDHA para la corrección de la clorosis en especial en suelos calizos, con la ventaja de que no se fija en el suelo (170).

2.9.2.- Los quelatos en el metabolismo vegetal

El capítulo sobre el mecanismo de la absorción de los quelatos por las raíces es tal vez el más extenso y el que más dificultades presenta en su estudio ya que los autores llegan a diferentes y opuestas conclusiones.

Hay trabajos que citan que la molécula entera de quelato es asimilada por las raíces y entra como tal en la planta (73), (74); por el contrario otros, trabajando con Fe-EDDHA, comprobaron que el Fe se absorbe por las raíces quedando en solución el EDDHA (154).

Por su parte Hill-Cottingham (75) afirma que los quelatos son absorbidos por las plantas y por un proceso de fotodescomposición, en la parte aérea, se separa el hierro; ésta hipótesis es mantenida por otros autores (76).

Este problema de absorción radicular y posterior transporte es constantemente estudiado por sus numerosas variantes (133).

Los quelatos por otra parte, favorecen el movimiento del hierro en la planta (168).

Es indudable que para estos estudios las técnicas con isótopos radiactivos han sido de mucho valor.

Tiffin y Brown (190) afirmaban que los quelatos de

hierro no son absorbidos por las plantas, sino que hay una separación a nivel de raíz del metal y del agente quelante; para llegar a estas afirmaciones trabajaron con ^{64}Fe y quelatos con ^{59}Fe con plantas de soja. Aparte de esto llegaron a comprobar que cuando todo el hierro había entrado en la planta, lo hacía luego el agente quelante.

El pH tiene, al parecer, un importante papel en la absorción; según Jeffreys y col (87), indica que la cantidad de hierro y agente quelante absorbido depende del pH entre otros factores, y además el tipo de planta, la cantidad de hierro total y de quelato.

Hay evidentes conclusiones para suponer la influencia de los quelatos sobre el metabolismo de las plantas. En este aspecto la literatura es abundante.

La deficiencia de hierro puede ser motivo de una reducción de uno de los ácidos ribonucleicos, directamente relacionado con la síntesis enzimática que posteriormente interviene en la formación de la clorofila (161).

Otro autor citado anteriormente, Hill-Cottingham (75), en sus trabajos llegó a establecer la influencia de la luz sobre el Fe-EDTA y como consecuencia, su descomposición. Se llega a pensar que la planta puede llevar a cabo la misma a nivel de hoja, dejando disponible

tanto el hierro como el agente quelante, los que entrarían en la mecánica del metabolismo vegetal.

En este aspecto del metabolismo, cada agente quelante y su quelato han sido motivo de estudio.

En lo que respecta particularmente al EDHA, se comprobó que favorece el transporte del hierro de raíz a hoja y que la presencia de ese agente quelante en ella no influye sobre la participación del hierro en el proceso de síntesis de clorofila (96).

En lo que respecta al crecimiento de las plantas, los quelatos han evidenciado también su influencia (54), y entre ellos el Fe-EDTA.

2.9.3.- Aplicación de quelatos en casos de deficiencia de nutrientes.

Vamos a considerar dos posibilidades de aplicación de los quelatos sintéticos, y que son, al suelo y por pulverización sobre hojas o sea por vía foliar.

Refiriendonos a la aplicación que se hace a travéz del suelo, podemos decir que en cierto grado se ha comprobado una resistencia a la acción microbiana.

En cambio la alcalinidad, el contenido de calcio y arcilla, son factores que determinan la adopción de uno u otro compuesto.

Hemos visto al considerar cada uno de los compuestos, la influencia de aquellos factores; el más crítico es tal vez, la presencia de calcio por la afinidad hacia él, dejando en libertad el hierro que precipita en forma insoluble en un pH alcalino y hasta neutro.

Los nuevos compuestos investigados para actuar en éste medio, como aquellos a los que se le incorporó un grupo fenólico, vienen a resolver este problema.

En general podemos indicar que el quelato de hierro del EDTA está indicado para suelos ácidos. El DTPA mantiene su estabilidad y es recomendado su uso en suelos moderadamente ácidos y ligeramente alcalinos.

El EDDHA es, por el contrario, recomendado para suelos

alcalinos y calcáreos, y por ello el compuesto que más se adapta a las características de los suelos utilizados en éste trabajo.

Las dosis a utilizar de éste quelato, en general, varían conforme el tipo de cultivo, y en árboles frutales según la edad de los mismos.

Considerando el compuesto que utilizamos en nuestro trabajo, respecto a dosis, diremos que los márgenes de cantidades a aplicar son bastante amplios.

En árboles frutales, según su desarrollo, la dosis puede variar de 10 a 500 gramos.

La incorporación al suelo puede hacerse en polvo seco o en solución acuosa ya sea en surco o por inyección con máquina; en todo caso es necesario que el producto no quede en la superficie para evitar su descomposición con la luz; se debe realizar una abundante aportación de agua después del tratamiento.

La época recomendada para la aplicación es finales de invierno, principios de primavera.

Muchos estudios de quelatos se han orientado hacia la aplicación por vía foliar. Por esta vía se evidencian algunas ventajas como el evitar las reacciones que tienen lugar en el suelo, la economía de producto, el evitar la aportación posterior de agua y en general una respuesta más rápida.

Varios autores (2),(16),(128),(177), dan conclu-

siones satisfactorias a esta aplicación.

No obstante son también muchas las desventajas que presenta éste método. El peligro de fitotoxicidad es manifiesto. Conforme a las experiencias realizadas esa fititoxi~~ci~~dad va de-
creciendo en el sentido de

Fe-HEEDTA, Fe-EDTA, Fe-DTPA, Fe-EDDHA

Estos síntomas de fitotoxici~~ci~~dad son observados en numerosos trabajos (26),(55),(169).

Entre las desventajas no debemos dejar de citar las respuestas incompletas que conducen a la repetición de sus aplicaciones.

En muchos casos, referentes a las dosis a aplicar, se indica, como en nuestro caso, que ésta no debe sobrepasar del 0,1 %.

Respecto a la época deben efectuarse las aplicaciones en aquella en que los brotes están completamente abiertos y las hojas plenamente desarrolladas; para cada caso existen precau~~ci~~ones particulares.

2.10.- Complejos orgánicos de origen natural en nutrición vegetal.

No hace mucho tiempo surgieron una serie de compuestos de aplicación en nutrición vegetal para los casos de deficiencia de ciertos micronutrientes.

Estos complejos organometálicos hacían participar en su estructura a esos micronutrientes tales como el zinc, hierro, cobre, manganeso.

La estructura del complejo es un poliflavonoide (PF) derivado natural extraído de vegetales.

Los estudios y desarrollo de estos compuestos ha dado lugar a una especial atención por parte de los Centros de investigación y experimentación.

Desde el punto de vista económico estos compuestos son de menor costo que los quelatos sintéticos anteriormente considerados. La efectividad en muchos casos, sino mayor, igual a la de esos compuestos, y destacadas ventajas, son otras tantas indicaciones positivas hacia estos complejos.

Es de nuestro interés particular el complejo de hierro o el Fe-PF. El mismo es aplicable tanto al suelo como por vía foliar, esta última, usada cuando se evidencian las deficiencias demasiado tarde, siendo los resultados evidentes en pocos días.

Tiene el inconveniente de afectar al fruto cuando éste está formado aunque la fitotoxicidad de estos compuestos es menor que la de los quelatos sintéticos.

Indicamos algunas características del Fe-PF

Humedad	%	6,4
Fe total (como Fe)	%	10,5
Fe complejoado (como Fe)	%	10,1
Azufre (como S)	%	10,1
Sodio (como Na)	%	4,2
pH de una solución al 1%		4,3

2.11.- La materia orgánica del suelo. Sustancias húmicas

Un capítulo de relevante importancia y que nos ocupará por estar relacionado con nuestro trabajo, es el de la materia orgánica del suelo, sus sustancias húmicas y la acción de ellas sobre la fertilidad del mismo.

La materia orgánica del suelo reúne un conjunto de organismos del mismo, los residuos vegetales y animales y los productos de transformación de estos como las sustancias húmicas (56).

Las transformaciones de esos residuos son llevadas a cabo por diversos factores biológicos, fundamentalmente, y de acción física y química.

Dentro del complejo sistema encontramos productos del metabolismo de microorganismos que utilizan los restos orgánicos como fuente de energía y además los productos secundarios de síntesis de éstos microorganismos (94).

Scheffer (137), considera la materia orgánica conforme el cometido que tienen que realizar en el suelo y así considera:

- Humus nutritivo: materias que son fuente de alimento y energía para los microorganismos y fauna del suelo. Son sustancias no húmicas en las que se encuentran hidratos de carbono, ácidos orgánicos, etc.

- Humus estable: materias húmicas oscuras difíciles de desintegrar y que confieren al suelo importantes propiedades fisico-químicas y biológicas.

2.11.1.- Procesos de mineralización y humificación

Los diversos factores que actúa sobre los organismos vegetales y animales del suelo, dan lugar a dos procesos:

- Mineralización
- Humificación

Con el primer proceso se llega a producir elementos minerales y gaseosos al transformarse la materia orgánica, de una manera relativamente rápida.

Con el segundo proceso se producen las sustancias húmicas las que sufren a su vez una mineralización posterior.

El humus, como consecuencia de los procesos en los que se afectan los materiales originarios, lo podemos considerar como un conjunto de sustancias procedentes de esos materiales vegetales y animales, sometidos en el suelo a continuos procesos químicos y bioquímicos de destrucción, transformación y reconstitución.

Este proceso de humificación ha llegado a ser estudiado por numerosos investigadores.

Shmuk (138), ha llevado a cabo estudios sobre la estructura de los ácidos húmicos que han conducido a afirmar, junto con los trabajos de Trusov (191), que esos ácidos son producto de la condensación de una sustancia aromática (oxidada bioquímicamente a quinona),

con un compuesto que contenga nitrógeno de origen
protéico (94).

A la palabra humus se le ha concedido diverso alcance.

Para algunos comprende el conjunto de la materia orgánica del suelo, por otros, aquellas sustancias que han resultado del proceso de humificación. En otros términos se puede considerar al humus como un complejo de sustancias amorfas y cristalinas, como consecuencia de los procesos de descomposición de los restos animales y vegetales.

Realmente podemos definir el humus como una serie de sustancias presentes en el suelo que son solubles en hidróxido de sodio y precipitan en medio sulfúrico.

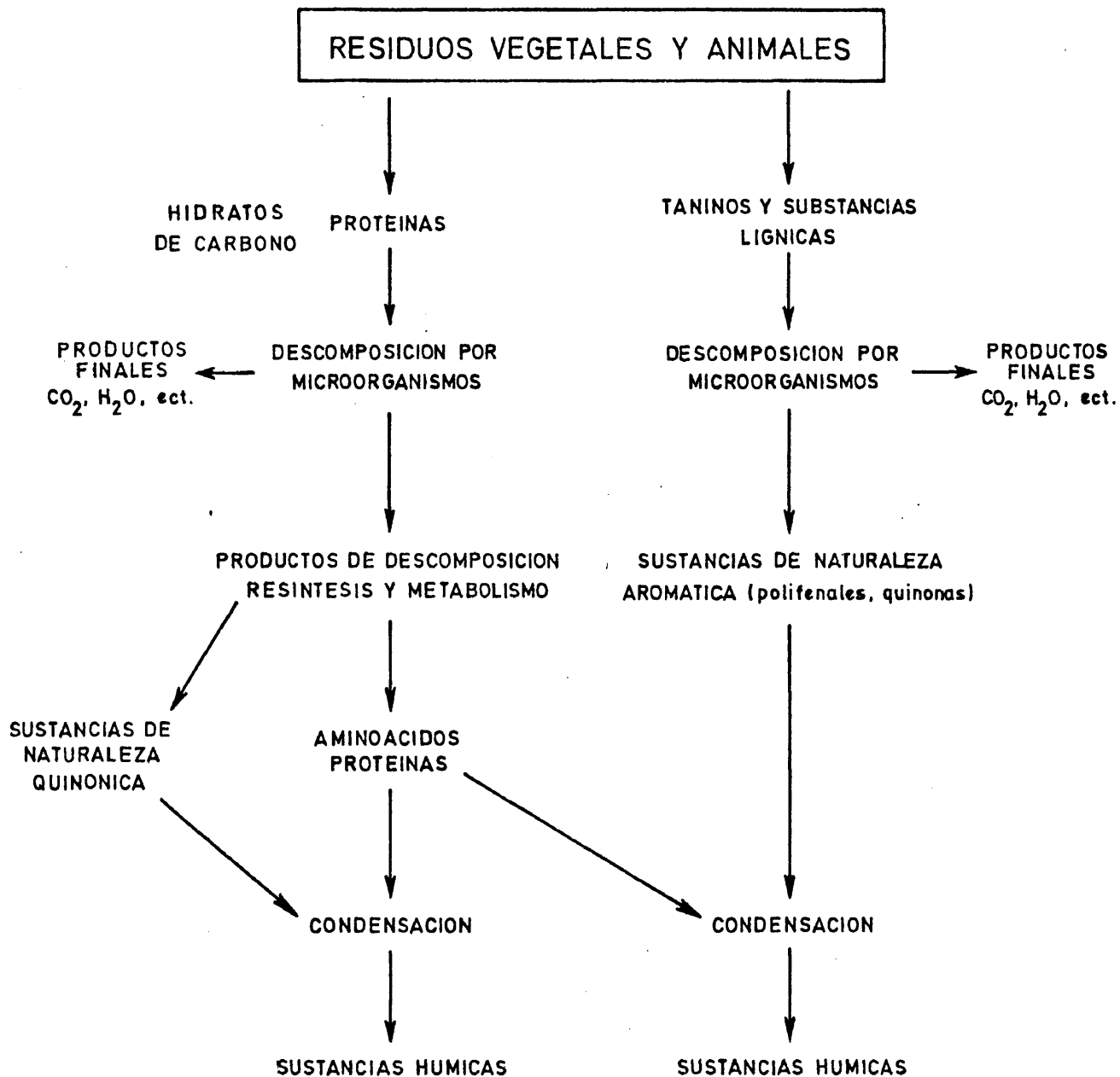


Fig. 5.- Proceso de descomposicion de organismos y formacion de sustancias húmicas

2.11.2.- Las sustancias húmicas y su acción en el suelo,
sobre la fertilidad y el desarrollo de las plantas.

La materia orgánica humificada del suelo influye en el desarrollo vegetal mediante acciones definidas; según Hernando, . (79) pueden puntualizarse así:

- 1.- Mediante una acción física por la cual la materia orgánica actúa estabilizando los agregados otorgándoles mejor estructura y aireación y drenaje al suelo.
- 2.- Mediante una acción química por la cual esa materia orgánica actúa:
 - a.- modificando el pH del suelo y poniendo a disposición de la planta elementos nutritivos, cuya asimilabilidad depende del pH del suelo.
 - b.- suministrando a las plantas cantidades variables de nitrógeno, fósforo y microelementos.
- 3.- Otra acción de la materia orgánica es de tipo fisiocoquímico con un efecto amortiguador del pH y con una capacidad de cambio iónico elevada.
- 4.- Otra acción se pone de manifiesto, y si las anteriores actuaron directamente sobre el suelo, ésta lo hará sobre la planta, dando lugar a una acción de tipo fisiológico. Esta acción es objeto de estudio por numerosos investigadores. Veremos ciertos

fenómenos en que se manifiesta esta acción fisiológica.

a.- sobre la raíz. Este efecto fué confirmado por Flaig . (58).

b.- sobre la germinación. Tichy (157) comprobó el efecto sobre la aceleración de la misma.

c.- sobre la absorción de agua. El mismo autor (158) indica la acción sobre el aumento de hidratación.

d.- sobre la actividad enzimática. Flaig expone esta acción (56) sobre la amilasa, fosfatasa y sacarasa.

e.- sobre la nutrición mineral. Hay una serie de trabajos que citan este efecto sobre la composición mineral de la planta (36),(37), (38), (39).

f.- sobre el metabolismo del nitrógeno. Chaminade demuestra la acción de las sustancias húmicas sobre la acción metabólica del nitrógeno, aumentando los rendimientos de la planta.

El desarrollo de las plantas está evidentemente influenciado por la acción de las sustancias húmicas. Vamos a considerar una serie de posibles mecanismos para interpretar esta acción.

Al respecto Flaig y Sochtig (57), consideran que esas

acciones pueden ser:

1.- Directas, sobre el metabolismo y fenómenos enzimáticos, esto siempre que las sustancias húmicas penetren en el interior de la planta. Este aspecto fué confirmado estudiándolo con carbono marcado, aunque bien puede ser que penetren en el interior completas como escindidas (192).

Sobre los fenómenos metabólicos, elevando el contenido de clorofila y la intensidad de la fotosíntesis, según experiencias de Zdenek (179), hay una acción comprobada. Además se pudo observar su participación sobre la actividad diastásica.

2.- Indirectas, en cuyo caso sería el motivo para que estas sustancias húmicas mantengan en forma asimilable en el medio, elementos nutritivos.

Veremos a manera de síntesis las hipótesis que tratan de explicar el mecanismo de los ácidos húmicos (118).

1.- Hipótesis que indica la formación de complejos entre el ácido húmico y los iones de elementos nutrientes, facilitando la absorción de estos por la planta (40), (47), (19).

2.- Hipótesis que considera la acción de los ácidos húmicos sobre la permeabilidad de la membrana celular, facilitando la absorción de los elementos nutritivos (38).

- 3.- Hipótesis que se funda en la actividad que tienen los grupos quinónicos de las sustancias húmicas sobre la actividad de diversas enzimas, (179), (129).
- 4.- Hipótesis por la cual se sostiene que el humus proporciona factores de crecimiento como vitaminas y auxinas, (130).
- 5.- Hipótesis que sostiene la acción del ácido húmico sobre mecanismos de

- respiración

- síntesis y fotosíntesis

La molécula de ácido húmico contiene grupos quinónicos, los que actúan sobre los procesos de oxidación y reducción del metabolismo vegetal y por lo tanto sobre la actividad respiratoria de la planta (117).

La otra parte de la molécula de ácido húmico constituida por compuestos nitrogenados y en especial aminoácidos y proteínas, le confieren un carácter enzimático; esta parte sería la que actúa sobre los procesos de síntesis de la planta.

Los procesos de respiración y fotosíntesis no actúan independientemente sino que están íntimamente ligados. Ortega . (118), que apoya ésta hipótesis, indica que siempre que el ácido húmico actúe sobre esos procesos sin llegar al desequilibrio, su acción dará como resultados un aumento en la producción y desarrollo vegetal.

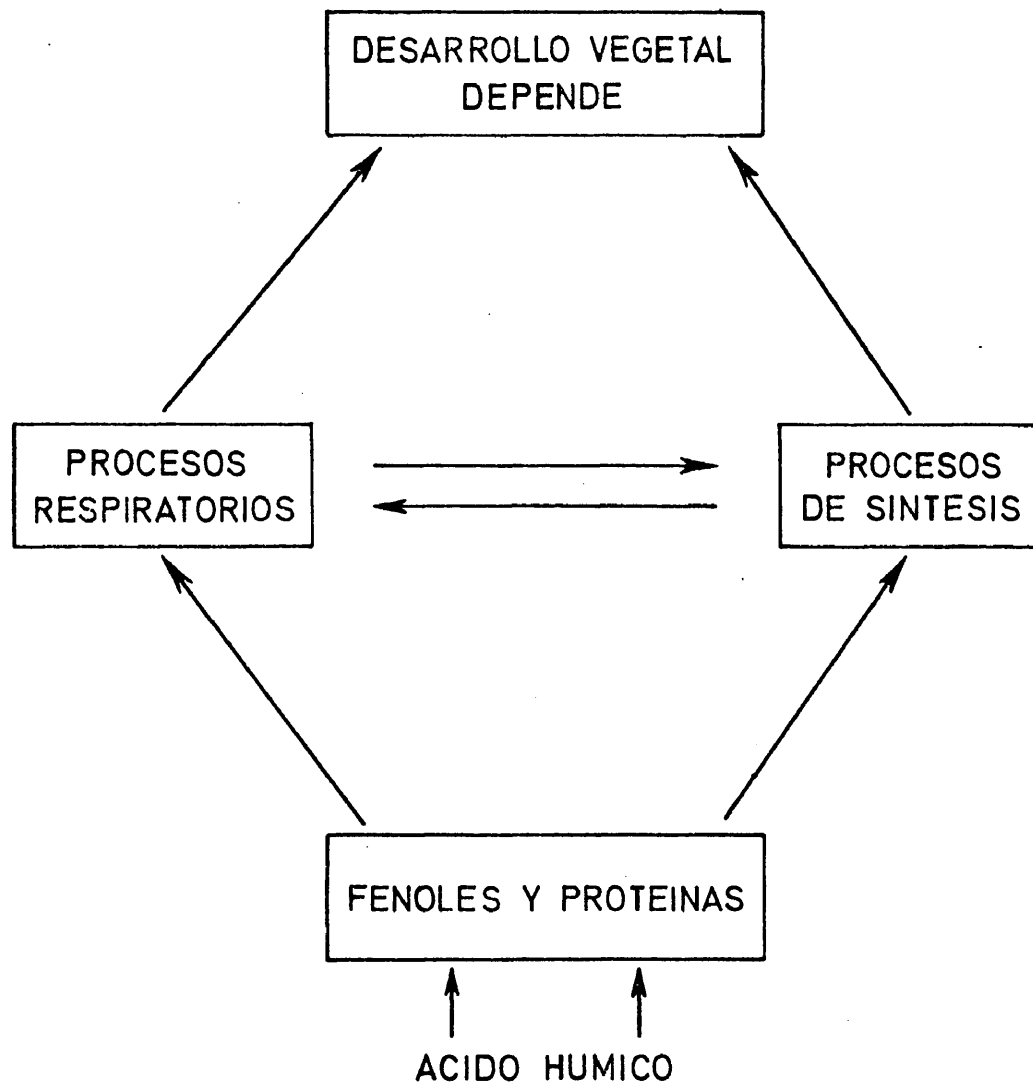


Fig. 6.- Acción del ácido húmico sobre mecanismos de respiración y síntesis (según V. Hernando)(193)

2.11.3.- La formación de complejos por la materia orgánica del suelo.

La formación de complejos organometálicos en el suelo y la acción de la materia orgánica en el proceso, ha acumulado continúa literatura.

Wright y Schnitzer concluían en sus trabajos que el ácido fúlvico de la materia orgánica se combina con cationes como el hierro formando complejos solubles en agua (178).

Por su parte Mortensen (109), indica que la materia orgánica se combina con metales del suelo dando complejos por intercambio de iones y otros fenómenos como superficie de adsorción, quelación y reacciones de coagulación y peptización. Probablemente están involucrados los grupos carboxilos, hidroxilos y amidas en la formación de compuestos de la materia orgánica del suelo con metales.

Ciertos complejos organometálicos pueden llegar a mantener insoluble a metales polivalentes en el suelo.

Scheffer (147), ha demostrado que los ácidos húmicos son capaces de formar complejos solubles en agua como los que llama hierro-humatos.

Bloomfield (17), (18) sugirió que los polifenoles son

los principales queladores, y por su parte Coulson (27) ha identificado este compuesto en hojas y en humus superficial.

La reseña de componentes de la materia orgánica del suelo que entran en los procesos de formación de quelatos y complejos, es extensa y el estudio de la química de los procesos es un amplio capítulo con abundante material aún por investigar en el aspecto de la relación de esos compuestos en la nutrición vegetal, su transporte de nutrientes y sus interacciones.

3.- DESARROLLO EXPERIMENTAL, DISCUSION DE LOS RESULTADOS

3.- DESARROLLO EXPERIMENTAL, DISCUSION DE LOS RESULTADOS

3.1.- Experimento M-1

" Efecto de diferentes niveles de fósforo y de potasio, .
distintas sales de hierro y materia orgánica en melo-
cotoneros (Pronus Persica), desarrollados sobre suelos
calizos ".

3.2.- Experimento M-2

" Acción de diferentes niveles de fósforo y de potasio
y estudio del mantenimiento del efecto de distintas
sales de hierro y materia orgánica en melocotoneros
(Pronus Persica), desarrollados sobre suelos calizos.

3.3.- Experimento S-1

" Efectos de distintos niveles de hierro, suministrado
por diversas sustancias, y de diferentes tratamientos
con fósforo y potasio, sobre el desarrollo del cultivo
de soja (Glicine Max) ".

3.1.- Experimento M-1

" Efecto de diferentes niveles de fósforo y de potasio, distintas sales de hierro y materia orgánica en melocotoneros (*Prunus Persica*), desarrollados sobre suelos calizos ".

3.1.- Experimento M-1

1.- Características de los suelos

- 1.1.- Zona de origen, características climáticas
- 1.2.- Antecedentes Geológicos
- 1.3.- Clasificación de los suelos y descripción del perfil
- 1.4.- Análisis del perfil
- 1.5.- Estado de la fertilidad

2.- Características del cultivo

- 2.1.- Cultivo y variedad
- 2.2.- Zona de origen

3.- Desarrollo del Experimento

- 3.1.- Establecimiento de la experiencia
- 3.2.- Tratamientos previstos y sustancias empleadas
- 3.3.- Labores realizadas
- 3.4.- Estado sanitario del cultivo
- 3.5.- Condiciones ambientales
- 3.6.- Recolección, preparación y tratamiento del material vegetal
- 3.7.- Análisis del material vegetal

4.- Resultados obtenidos

- 4.1.- Contenido de nutrientes en el material vegetal
- 4.2.- Relaciones nutritivas con el hierro y otros elementos
- 4.3.- Estudio estadístico de los resultados

5.- Discusión de los resultados

6.- Conclusiones

1.- Características de los suelos

1.1.- Zona de origen, características climáticas

La zona de donde provienen los suelos se destaca por su producción frutícola y dentro de ella el melocotonero ocupa un importante lugar.

Los suelos corresponden a una región en que se evidencian signos de existencia de clorosis férrica.

El material provino del Centro Experimental del " Aula Dei " del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Este Centro se encuentra en las proximidades de la ciudad de Zaragoza en la provincia del mismo nombre, a una altitud sobre el mar de 225 metros y geográficamente corresponde su situación a una latitud de 41° 43' 30" N y longitud de 2° 52' 38" E.

El Centro Experimental ocupa la margen izquierda del río Gállego inferior, a más de mil metros de su cauce.

El lugar de donde se extrajo el material se localiza sobre una terraza de 7 a 9 metros sobre el nivel del mencionado río.

El relieve corresponde a un altiplano con extensa llanura; el drenaje es satisfactorio y no hay signos de erosión.

Características climáticas.

Las características de la zona corresponden a una clasificación climática $D B'_2 d b'_4$ lo que indica un clima semiárido, mesotérmico sin ningún exceso de agua a lo largo del año.

Podemos observar en la tabla de datos climáticos, los valores correspondientes (3).

Respecto a la media máxima diaria, el mayor valor corresponde al mes de julio. Para la media mínima diaria el menor valor se anota en el mes de enero (finales) y primera quincena de febrero. Hay que destacar a lo largo del año valores escasos de aporte pluviométrico con un promedio anual poco superior a los 400 mm. Los valores máximos corresponden a las épocas de primavera y otoño. La humedad relativa está influenciada por el paso del río Gállego. Los valores sufren una variación anual correspondiendo los mayores para los meses de diciembre y de enero, y los menores a julio y agosto.

Con relación al número de horas de sol despejado

corresponden los mayores valores para los meses de julio y agosto, disminuyendo en casi una tercera parte en los meses de diciembre y enero.

Desde el punto de vista hídrico se presenta una evapotranspiración potencial (cms.) de 77,0 y una real (cms.) de 40,9 lo que indica un déficit de agua de (cms.) 36,1.

DATOS CLIMATICOS

Media de temperatura máxima diaria en °C	20
Media de temperatura mínima diaria en °C	10
Temperatura máxima absoluta en °C	44,2
Temperatura mínima absoluta en °C	-11,4
Valor medio de la precipitación total en mm	409
Humedad relativa media en tanto por ciento	61
Valor medio del número de días de lluvia	96
Valor medio del número de horas de sol despejado	2719

(3),(152)

1.2.- Antecedente Geológico

La zona que es de nuestro interés, está en su mayor parte recubriendo sedimentos fluviales con formaciones pedregosas y costra caliza en las terrazas superiores.

Los suelos corresponden a aluviales recientes del río Gállego.

1.3.- Clasificación de los suelos y descripción del perfil.

Según Kubiena (93) pertenecen éstos suelos a los del tipo de vega con contenido calizo, Son suelos característicos de valles fluviales.

Las terrazas superiores, como se dijo, presentan costra caliza.

Descripción del perfil.

Situación	: Centro Exp. Aula Dei - Zaragoza
Altitud	: 7 a 9 metros sobre río Gállego
Topografía	: altiplanicie con extensa llanura
Geología	: aluviales recientes del río Gállego
Drenaje	: bueno
Tipo de suelo	: vega con contenido calizo
Erosión	: negativa
Pendiente	: 0 - 1%

Así se exponen los antecedentes generales del perfil.

En el cuadro correspondiente se dan a conocer las características de cada horizonte.

El perfil presenta un horizonte Ap, un B y dos capas diferentes de sedimentación fluvial correspondientes a la nomenclatura alemana Migrare (M_1 y M_2).

Se presenta la primera entre los 110 a 120 cms. y la segunda a más de 120 cms. Son centros de un mismo horizonte que corresponde a una capa de diferenciación de sedimentos del río.

Cabe agregar que el nivel freático oscila entre los 10 a 14 metros.

HORIZONTE	Ap	B	M ₁	M ₂
PROFUNDIDAD cms.	0-40	40-110	110-120	más de 120
COLOR	Pardo ama- rillento 10 YR 5/4	Pardo ama- rillento 10 YR 5/4	Pardo ama- rillento 10 YR 5/4	Pardo ama- rillento 10 YR 5/4
TEXTURA	Fr.Are.Lim	Fr.Are.Lim	Fr.Are.Lim	Fr.Are.Lim
ESTRUCTURA	Poliédrica media	Poliédrica media	Poliédrica media	Poliédrica media
TRANSICION CON EL INFERIOR	Horizontal difusa	Horizontal difusa	Horizontal difusa	Horizontal difusa
PEDREGOSIDAD	-	-	Más del 10 por ciento	Más del 10 por ciento
PLASTICIDAD	muy	muy	muy	muy
PEGAGOSIDAD	bastante	bastante	bastante	bastante
PERMEABILIDAD	buena	ligeramen- te impedida	idem al B	idem al B
POROS	abundante	abundante	abundante	abundante
CANALICULOS	abundante	abundante	abundante	abundante
GRIETAS	abundante	-	-	-
MANCHAS	-	-	de forma irregular 10 YR 5/4	idem al M ₁ menos abun- dante.

1.4.- Análisis del perfil

		Profundidad en centímetros	
		0 - 20	20 - 40
Análisis mecánico			
Arena gruesa	%	2	1
Arena fina	%	31	24
Limo	%	20,7	20,3
Arcilla	%	45,5	52,5
Textura	-	arcilloso	arcilloso
Análisis químico-físico			
pH _s (H ₂ O)		7,60	7,80
pH _s (KCl)		6,80	7,10
Salinidad	%	0,086	0,113
C E 25°C	mmhos cm ⁻¹	1,356	1,774
Yeso		0,007	0,018
C E 25°C	mmhos cm ⁻¹	0,284	0,516
Cap. cambio total, meq.%		13,06	10,25
Análisis químico			
Carbonatos totales	%	21,42	21,12
Carbonato de calcio activo	%	9,0	9,5
Materia orgánica	%	1,28	1,07
Carbono total	%	0,74	0,62
Nitrógeno total	%	0,095	0,084
Relación C / N	-	7,78	7,38

cont. análisis del perfil

Profundidad en centímetros

0 - 20

20 - 40

cont. análisis químico

P ₂ O ₅ mgrs. por 100 grs.	4	32
K ₂ O mgrs. por 100 grs.	16	12
Calcio asimilable ppm	4.800	5.000
Magnesio asimilable ppm	250	342
Hierro total mgs. %	2.830	2.136
Hierro ferroso mgs. %	63,16	54,15
Hierro asimilable mgs. %	0,53	0,46
Cloruros ppm	32	26
Bicarbonatos mgs. %	20	16

La metodología empleada en cada análisis se indica en el

Apéndice al final de la memoria, como también las téc-

nicas de preparación de material, soluciones extractoras, etc,

1.5.- Estado de la fertilidad

Sobre la fertilidad de un suelo concurren un sin número de factores, algunos intrínsecos, propios de cada suelo y relacionados con los antecedentes edafogenéticos.

Las propiedades físicas son las que llegan a determinar en forma muy importante ese estado de fertilidad. A ellas debemos añadir los conocimientos sobre la mayor o menor presencia de los nutrientes para las plantas.

Es necesario, por lo tanto, considerar el conjunto y más aún estudiar "in situ" una serie de factores que condicionan la fertilidad.

En la tabla correspondiente al Análisis del Perfil hacemos un examen del material utilizado y lo efectuamos en el triple aspecto de mecánico, químico-físico (parcialmente) y químico.

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos indicar que se trata de suelos con nivel bajo de materia orgánica y de nitrógeno y más aún de fósforo, y medianamente bajo en potasio.

Tiene además un contenido de calcio activo por encima del valor tolerable para el cultivo en estudio, además de ser elevados los niveles de

calcio. Sobre éstos suelos no existe antecedente de fertilización.

2.- Características del cultivo

2.1.- Cultivo y variedad

En el presente estudio se utilizaron árboles de melocotonero (*Pronus Persica*) de la variedad Dixired.

Esta variedad se ha extendido por su vigor y rusticidad.

El cultivo en sí tiene numerosas variedades selectas, cada una con sus propias ventajas.

Es un árbol de limitado desarrollo con una altura entre 2,50 a 4,00 metros, con copa oval en su máximo estado de evolución.

El sistema radicular central es profundo y las raíces laterales se desarrollan caso horizontalmente.

Las ramas toman un desarrollo vertical por lo que la operación de podas debe educar el mismo.

Las hojas son de tipo lanceolado, dentada. Las yemas presentan generalmente grupos de tres.

Las flores toman la tonalidad rosa o roja, según la variedad; su aparición es a finales del invierno; posee cinco pétalos, estambres y un solo estilo.

El fruto maduro posee la piel de color amarillo

o más o menos roja o rosada. En su centro tiene el hueso conteniendo en su interior la "almen-dra". La maduración se verifica a finales de junio.

El desarrollo general del árbol es bastante rápido. El cultivo es sensible a numerosas afecciones por lo que exige una dedicada y constante atención.

2.2.- Zona de origen

Los árboles provenían de la misma zona que los suelos. El conjunto era sanitariamente aceptable.

Se hizo una previa selección antes de iniciar los trabajos experimentales con el objeto de lograr una uniformidad entre todos ellos.

3.- Desarrollo de la Experiencia

3.1.- Establecimiento de la experiencia

Los árboles de melocotonero, variedad Dixired, se dispusieron en tiestos de madera de 45 cms. de alto, 43 cms. de diámetro superior y 33 cms. de diámetro inferior.

A cada tiesto se le agregó una capa de unos 3 cms. compuesta por grava lavada y arena fina igualmente lavada, que se depositó en el fondo.

Sobre ésta capa se agregó 20 cms. de subsuelo. Al subsuelo se le suministró una fertilización básica con una dosis correspondiente a 600 Kgs/Ha de superfosfato y 300 Kgs/Ha de sulfato de potasio, regándose posteriormente con tres litros de agua.

Colocado el árbol sobre el subsuelo, se agregó 15 cms. de suelo y un nuevo riego, para finalmente completar con suelo hasta los 20 cms.

Los árboles así plantados fueron situados en un invernadero con temperatura y humedad registrada y cuyos datos se consignan más adelante.

Se dispusieron, conforme a los tratamientos, 36 tiestos en filas, o sea cuatro filas de nueve tiestos cada una.

En la parte inferior de cada tiesto se colocó un

- Nitrógeno . aplicado como nitrato en un solo nivel de 75 gramos por tiesto, fraccionado en dos épocas distintas; en una se aplicó 50 grs. y en una segunda época, 25 gramos.
- Hierro . el aporte de éste elemento se verificó de dos maneras según los objetivos del trabajo, ya que se pretendió evaluar la efectividad de cada una de ellas.
- Aplicado como sulfato de hierro tratado con un estiercol.

A éste estiercol, de color negro y de aspecto suelto y esponjoso, se le agregó sulfato de hierro en un 10 %. Se mezcló tratando de homogeneizar perfectamente. Se dejó en reposo en condiciones adecuadas de temperatura y humedad durante tres semanas, mezclando periódicamente.

De esta mezcla se agregó 1000 grs. a cada tiesto a los que le correspondió este tratamiento.

- Aplicado como quelato de hierro: Fe-EDDHA

El quelato utilizado corresponde a la sal monosódica de la etilen diamina di-[o-hidroxifenil acetato] férrico.

Sus características fueron ya mencionadas en el capítulo dedicado a los compuestos orgánicos

recipiente para recoger las aguas procedentes de los riegos.

3.2.- Tratamientos previstos y sustancias empleadas

Estudiados los requerimientos nutritivos del cultivo, los suelos empleados y los objetivos perseguidos en el trabajo, se estableció un programa de fertilización.

Los aportes correspondieron a:

- Fósforo . como superfosfato, cuyo nivel de fósforo fué analizado obteniéndose un valor del 17 %

El fósforo fué suministrado en dos niveles P_1 correspondiente a 10 grs. de superfosfato por tiesto.

P_2 correspondiente a 50 grs. de superfosfato por tiesto.

- Potasio . como sulfato de potasio con un contenido de potasio del 44,9 %.

El potasio fué suministrado en dos niveles K_1 correspondiente a 20 grs. de sal de potasio por tiesto.

K_2 correspondiente a 100grs. de sal de potasio por tiesto.

en la nutrición vegetal.

La formulación que se utilizó de éste quelato fué de un 47 % de materia activa, con un equivalente del 6 % de hierro.

Este quelato está recomendado para el tratamiento de la clorosis en suelos calcáreos o ligeramente alcalinos.

La dosis aplicada por tiesto fué de 25 gramos, disueltos en agua. Luego de la aplicación, la superficie tratada fué cubierta con suelo para preservar la descomposición del quelato por la luz.

-Pasaremos a considerar los tratamientos aplicados, que fueron en total doce, que al efectuarse por triplicado significaron treinta y seis tiestos.

P ₁	K ₁	sin aporte de hierro
----------------	----------------	----------------------

P ₁	K ₂	"	"
----------------	----------------	---	---

P ₂	K ₁	"	"
----------------	----------------	---	---

P ₂	K ₂	"	"
----------------	----------------	---	---

P ₁	K ₁	con sulfato de hierro y mat. orgánica
----------------	----------------	---------------------------------------

P ₁	K ₂	"	"	"
----------------	----------------	---	---	---

P ₂	K ₁	"	"	"
----------------	----------------	---	---	---

P ₂	K ₂	"	"	"
----------------	----------------	---	---	---

P ₁	K ₁	con quelato de hierro; Fe-EDDHA		
P ₁	K ₂	"	"	"
P ₂	K ₁	"	"	"
P ₂	K ₂	"	"	"

Los tratamientos se realizaron por triplicado.

A cada tiesto se le asignó el tratamiento correspondiente por el azar.

En el mes de marzo se suministraron los niveles de fósforo, mitad de la cantidad correspondiente a los niveles de potasio y el nivel de nitrógeno.

En el mes de abril se aportaron los niveles de hierro tanto en la forma de sulfato como de quelato.

En el mes de mayo se agregó la segunda mitad de la dosis de potasio y el segundo nivel de nitrógeno.

3.3.- Labores realizadas

Los aportes de agua fueron controlados, a los que se dedicó especial atención. Se efectuaron riegos de manera constante tratando de mantener el estado de humedad propio al que corresponde en condiciones de campo.

En cada tiesto se realizaron trabajos de cavas profundas y superficiales según las necesidades. Además se eliminaron periódicamente ocasionales malezas.

El proceso vegetativo se desarrolló con uniformidad en todos los tiestos, con las variaciones propias de cada tratamiento.

3.4.- Estado sanitario del cultivo

En algunos árboles se comprobó la presencia de pulgón, por lo que se trató toda la experiencia con un plaguicida no fosforado. El utilizado fué el N-metilcarbamato de 3 metil -5- isopropil fenil, con un 50 % de materia activa.

Con anterioridad a manifestarse la presencia de pulgón, se había efectuado una aplicación preventiva. Durante el desarrollo de la experiencia hubo necesidad de hacer un total de tres aplicaciones.

3.5.- Condiciones ambientales

La temperatura y la humedad fueron controladas a lo largo de toda la experiencia dentro del invernadero.

De los equipos registradores se obtuvieron los datos que se indican seguidamente por separado.

CONDICIONES AMBIENTALES

TEMPERATURA Y HUMEDAD

EXPERIENCIA 15-7.

	TEMPERATURA		H U M E D A D		
	MAXIMA MEDIA	MINIMA MEDIA	MAXIMA ABSOLUTA	MINIMA ABSOLUTA	PEDIA
	°C	°C	%	%	%
ENERO	29,5	18,0	70	62	65
FEBRERO	31,0	15,5	70	59	66
MARZO	32,0	17,0	88	64	72
ABRIL	33,5	19,0	79	54	68
MAYO	32,0	18,5	72	63	67
JUNIO	34,5	20,0	66	56	61

3.6.- Recolección, preparación y tratamiento del material vegetal

El contenido mineral del material foliar llega a representar los efectos del medio sobre el cultivo. Si ese medio no ofrece la disponibilidad necesaria de tal o cual nutriente, el análisis foliar acusará la deficiencia del mismo.

El análisis foliar dará resultados satisfactorios si va acompañado de todo un adecuado proceso, desde la técnica de muestreo, tratamiento, preparación y ataque de la muestra, hasta los apropiados métodos analíticos.

Nuestro objetivo, en éste aspecto, estuvo en lograr ese proceso con el menor error posible sobre los datos obtenidos.

Steyn (148) expone en un trabajo los errores provenientes del muestreo y además una técnica que considera satisfactoria.

• Recolección del material foliar.

Llegado el momento correspondiente al cuajado del fruto efectuamos la primera recolección (A) y en el momento de la cosecha del mismo se procedió a la segunda recogida del material foliar (B). Hubo entonces dos épocas de recolección

El material recogido correspondió a hojas del segundo tercio de las ramas que presentaban uniformidad en el desarrollo y buen estado sanitario. El número total de hojas fué de veinte por árbol tomadas en una vuelta al mismo y de sus zonas alta, media y baja.

. Limpieza de la muestra.

Las plantas expuestas a la acción atmosférica tienen adheridas sustancias que afectan a la determinación correcta de elementos que, como en nuestro caso, se encuentran en el orden de partes por millón y en cantidades muy reducidas, por lo que se estaría infiriendo un importante error analítico.

Varios autores hacen mención de distintos métodos y observaciones sobre éste aspecto. Wilcox y Hatcher (181) indican la necesidad de eliminar con un lavado éstas impurezas. Este lavado con agua destilada (182) o desionizada (97) no debe ser excesivo, y ante el peligro de que se sobrepase del lavado adecuado hay quienes recomiendan (183) que se limpien con un cepillo, método éste que nosotros no hemos aceptado.

Las hojas, en nuestro caso, fueron lavadas una a una.

Inmediatamente después de recogidas las muestras, se procedió a lavar en primer lugar con agua para eliminar cuerpos extraños; seguidamente se sumergieron en una disolución acuosa de un detergente no iónico al 0,1 %, solo por un par de minutos. Finalmente se enjuagaron con abundante agua desionizada. Las hojas escurrieron el exceso de agua sobre papel de filtro.

• Secado del material foliar y molienda

El material foliar pasó a bandejas para su secado, el que se realizó en una estufa de aire forzado. La literatura cita varias temperaturas de secado; algunos lo llevan a cabo a 65 - 70 °C (181) y otros la elevan a 105 - 110 °C (182).

Nosotros hemos secado el material a 65 - 70 °C durante 24 horas.

En el aspecto de moler la muestra se encuentran distintas tendencias por parte de los autores, discutiéndose sus resultados (122).

En nuestro caso, el material una vez seco fue pulverizado en un molino. El material así obtenido se conservó en envases plásticos hasta su posterior tratamiento.

3.7.- Análisis del material vegetal

El material pulverizado fué pesado en una cantidad determinada, sometido a un tratamiento de ataque y a los correspondientes análisis.

Los métodos analíticos de éste apartado los indicaremos resumidamente ya que ellos los exponemos en el anexo final.

. Cantidad de muestra a analizar.

La cantidad de material que será sometido a análisis, es también motivo de distintas opiniones por diversos autores y sería cuestión de llegar hacer un estudio crítico de las mismas sin concluir de una manera definitiva. La literatura por ejemplo cita desde 0,1 gramo (184) hasta los 5 gramos (181).

Nosotros nos hemos referido a experiencias previamente realizadas (117) y determinaciones que nos permitieron establecer el entorno de valores, para fijar la cantidad más adecuada a someter al análisis, que fué de 1 gramo.

El material fué, previo a la pesada, sécado a 105 °C durante una hora.

La cantidad pesada fué trasvasada a un matríz de ataque.

. Tratamiento de ataque de la muestra.

Hemos atacado el material por vía húmeda para eliminar las sustancias orgánicas. Esta digestión se realiza con ácidos y con un determinado y adecuado calentamiento.

Los ácidos más empleados son el sulfúrico, nítrico, perclórico o una mezcla de ellos en diferentes proporciones (122). Algunos autores proponen el uso del ácido nítrico con el perclórico y otros varían la proporción de ellos (182). En general muchos están de acuerdo en la relación que existe entre las cantidades de los ácidos añadidos y los gramos de muestra a atacar, fijando por lo tanto las mismas en 15 mililitros de ácido nítrico concentrado y 1 mililitro de ácido perclórico por gramo de materia seca (183), aunque hay quienes aconsejan un exceso de ácido perclórico (88).

Nosotros hemos empleado, conforme a experiencias ya realizadas (122), 10 mililitros de ácido nítrico concentrado, 2 mililitros de ácido perclórico por cada gramo de muestra vegetal seca, y 5 mls. de sulfúrico. Estas cantidades fueron añadidas al matrás con la muestra pesada. En primer lugar el ácido nítrico el que dejamos actuar en fío durante unas 16 horas. Luego el perclórico y el sulfúrico.

El calentamiento se llevó a cabo en un baño de arena, aumentando paulatinamente su temperatura. El ácido perclórico se añadió al percibirse la ausencia de vapores pardos y se dejó actuar hasta casi desaparición de humos blancos.

El residuo que resultó luego del ataque se filtró en caliente, recogién dose los líquidos en un matríz volumétrico, enrrasándose y, cuando el análisis así lo exigía, efectuando las correspondientes diluciones.

. Análisis realizados

Sobre las muestras obtenidas se hicieron una serie de determinaciones conforme a los objetivos del trabajo.

No solo se deseaba conocer aquellos datos que eran de interés para el problema de la clorosis y que en gran medida eran aportados por el contenido de hierro, sino que interesaban aquellos correspondientes a otros elementos de importancia en la nutrición, y verificar las relaciones que entre ellos se obtenían.

En cada muestra se determinó: Hierro, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Manganeso, Cobre y Cinc.

Los resultados que proporcionaron los referidos análisis los consideramos más adelante.

Hierro, Manganeso, Cobre, Cinc, Magnesio, son elementos analizados por espectrofotometría de absorción atómica.

Potasio y Calcio se analizaron por fotometría de llama.

El Nitrógeno se analizó sobre el material vegetal por el método de Kjeldahl.

El fósforo por su parte se analizó por el método del azul de molibdeno, leyéndose el color en un fotocolorímetro.

El detalle de la metodología se indica en el Anexo.

4.- Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos en ésta experiencia se refieren básicamente al contenido de nutrientes en el material foliar recogido (material vegetal seco).

El conjunto de resultados individuales de cada tratamiento y cada repetición los hacemos figurar en el Anexo final.

4.1.- Contenido de nutrientes

Los resultados obtenidos para cada nutriente los hacemos presentes en las tablas que se acompañan seguidamente.

Cada tabla expresa los resultados de cada nutriente conforme a los distintos tratamientos de fósforo y potasio y los aportes o no de hierro y la modalidad de éste aporte.

Cada columna encabezada por A expresa los resultados correspondientes para la primera recolección de material foliar, y las encabezadas con B son los datos que corresponden a la segunda recolección.

Los valores de hierro, manganeso, cobre y cinc están expresados en partes por millón; los de potasio, calcio, magnesio, nitrógeno y fósforo en tanto por ciento.

T A B L ACONTENIDO EN MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA FOLLEAR SECA

VALORES MEDIOS DE HIERRO en p.p.m.

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1. K1	39	47	79	82	196	200
P1. K2	46	55	96	101	216	220
P2. K1	36	44	72	76	179	183
P2. K2	42	50	86	89	199	204

A y B significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

T A B L ACONTENIDO EN MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA FOLIAR SECA

VALORES MEDIOS DE NITROGENO en %

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	3,63	3,61	2,84	2,80	2,58	2,50
P1 K2	3,69	3,67	2,93	2,89	2,78	2,62
P2 K1	3,82	3,80	2,95	2,89	2,69	2,63
P2 K2	3,77	3,77	3,06	3,02	2,71	2,70

A y B significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

T A B L ACONTENIDO EN MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA FOLIAR SECA

VALORES MEDIOS DE FOSFORO en %

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	0,151	0,147	0,116	0,110	0,113	0,109
P1 K2	0,135	0,132	0,115	0,111	0,112	0,110
P2 K1	0,164	0,160	0,125	0,122	0,119	0,115
P2 K2	0,155	0,149	0,119	0,117	0,127	0,125

A y B significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

T A B L ACONTENIDO EN MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA FOLIAR SECA

VALORES MEDIOS DE POTASIO en %

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	1,74	1,68	1,40	1,35	1,16	1,10
P1 K2	1,79	1,76	1,59	1,56	1,45	1,40
P2 K1	1,79	1,74	1,51	1,46	1,29	1,21
P2 K2	1,90	1,88	1,69	1,61	1,58	1,49

A y B. significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

T A B L ACONTENIDO EN MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA FOLIAR SECA

VALORES MEDIOS DE CALCIO en %

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y H ₂ O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	2,59	2,61	3,28	3,32	3,33	3,39
P1 K2	2,41	2,46	3,06	3,10	3,15	3,19
P2 K1	2,67	2,70	3,37	3,43	3,46	3,51
P2 K2	2,58	2,61	3,25	3,25	3,25	3,27

A y B significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

T A B L ACONTENIDO EN MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA FORRAJERA SECA

VALORES MEDIOS DE MAGNESIO en %

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDMA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	0,44	0,44	0,29	0,33	0,30	0,30
P1 K2	0,45	0,47	0,30	0,34	0,33	0,35
P2 K1	0,47	0,50	0,30	0,34	0,34	0,36
P2 K2	0,46	0,47	0,25	0,29	0,30	0,33

A y B significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

T A B L ACONTENIDO DEL MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA FOLIAR SECA

VALORES MEDIOS DE MANGANESO en p.p.m.

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	10	12	22	25	27	29
P1 K2	13	16	32	33	35	38
P2 K1	11	13	26	28	32	32
P2 K2	9	12	22	25	28	29

A y B significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

T A B L ACONTENIDO EN MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA FOLIAR SECA

VALORES MEDIOS DE COBRE en p.p.m.

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	15	11	12	9	10	7
P1 K2	13	11	11	9	13	8
P2 K1	15	10	13	9	10	10
P2 K2	18	16	12	13	11	8

A y B significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

T A B L ACONTENIDO DEL MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA FOLIAR SECA

VALORES MEDIOS DE CINCO en p.p.m.

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	11	10	26	22	22	20
P1 K2	20	21	30	26	31	25
P2 K1	14	11	29	31	28	25
P2 K2	17	15	19	20	27	24

A y B significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

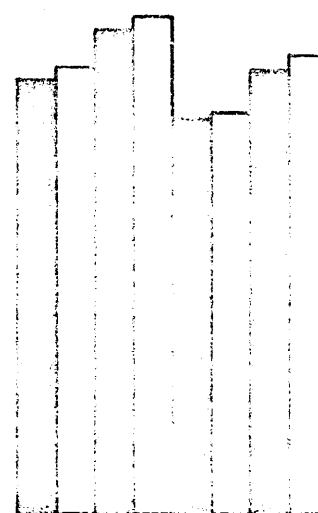
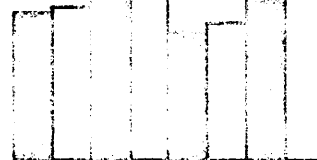
El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

pmm.

HIERRO

150

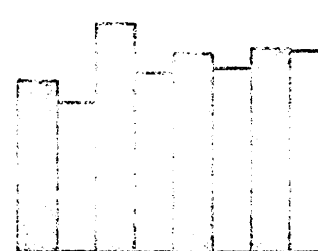
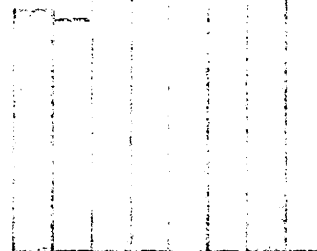
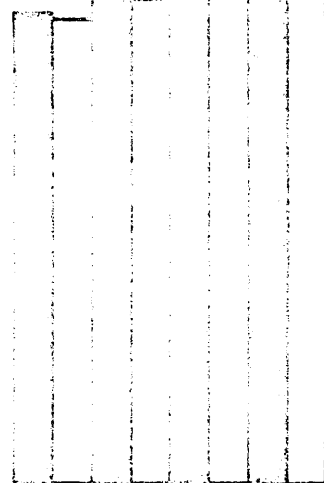
20

4
%

NITROGENO

3

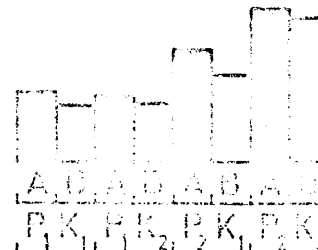
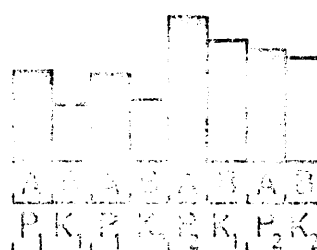
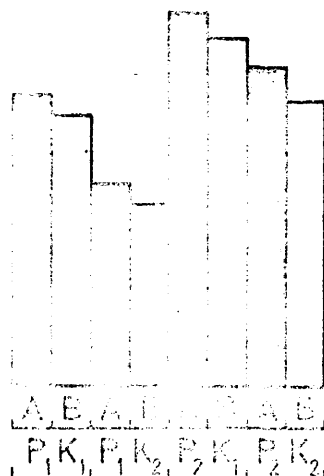
2

0,2
%

FOSFORO

0,15

0,1

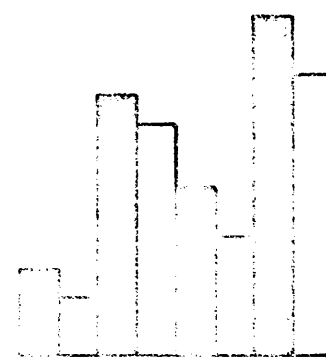
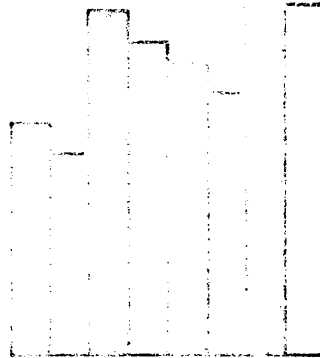
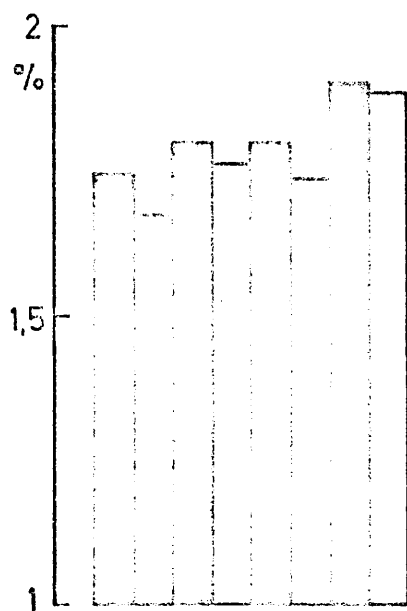


Sin aporte de Fe

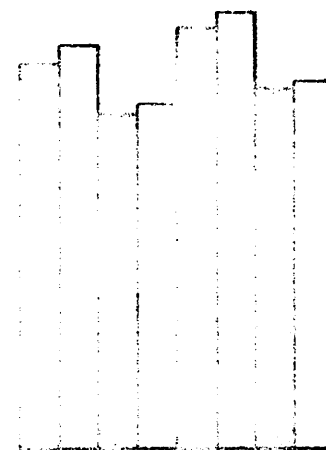
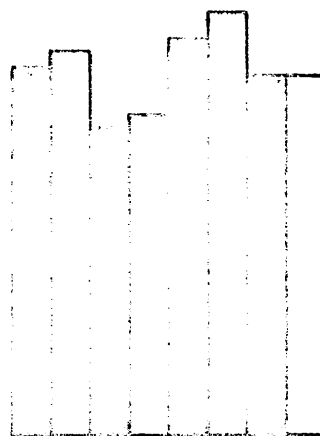
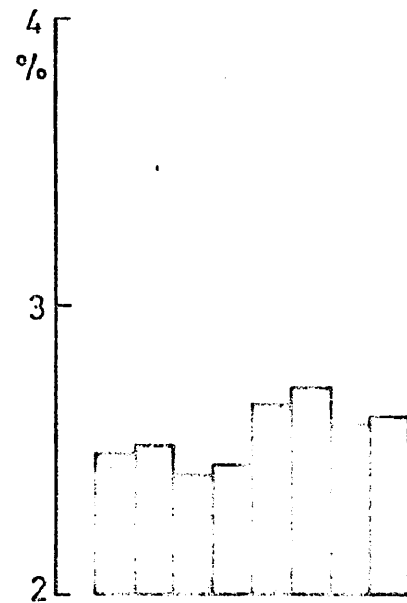
FeSO₄ y M. O.

Fe-EDDHA

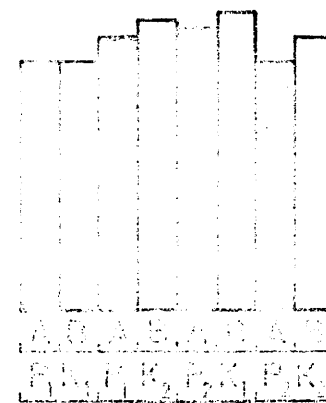
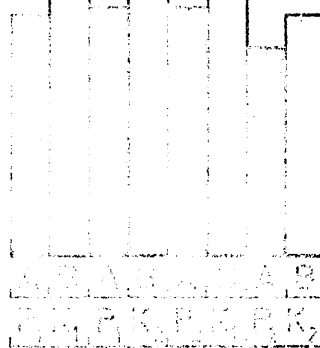
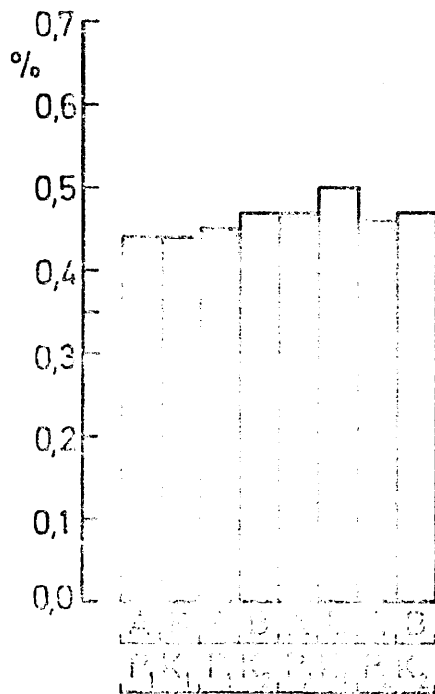
POTASIO



CALCIO



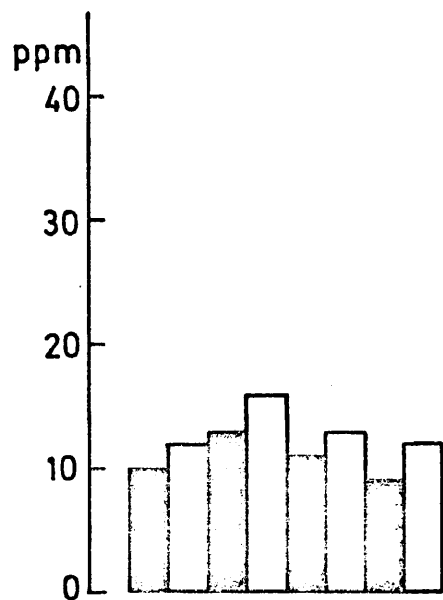
MAGNESIO



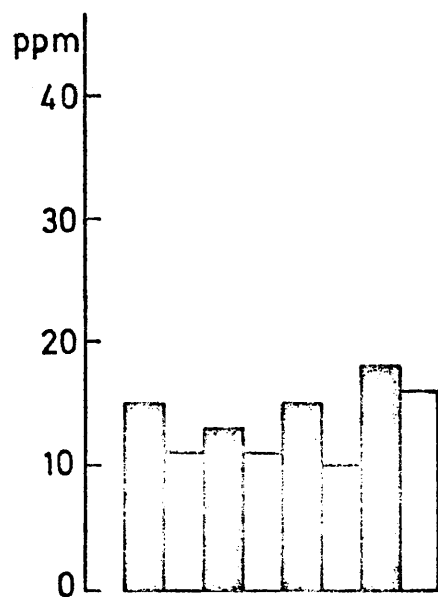
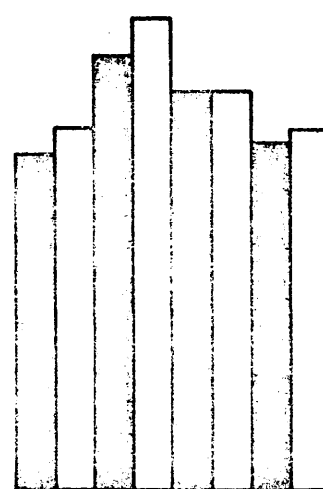
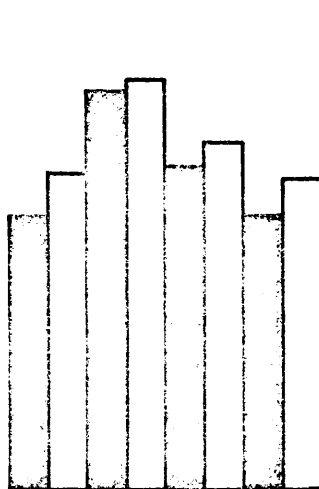
Sin aporte de Fe

FeSO₄ y M.O.

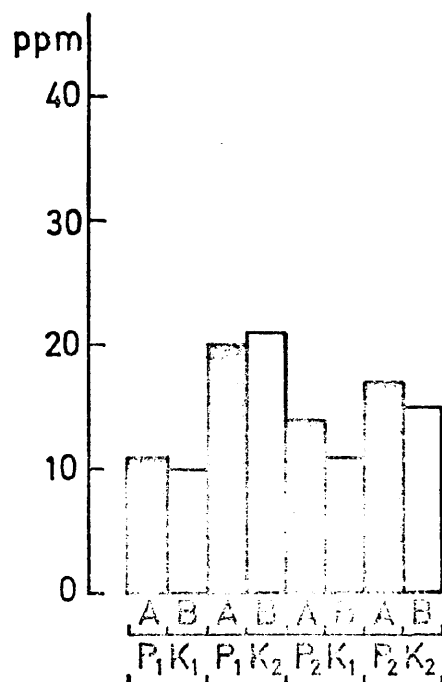
Fe-EDDHA



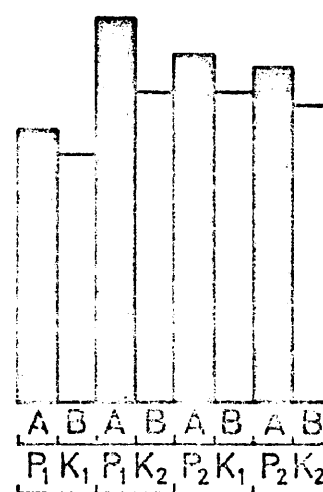
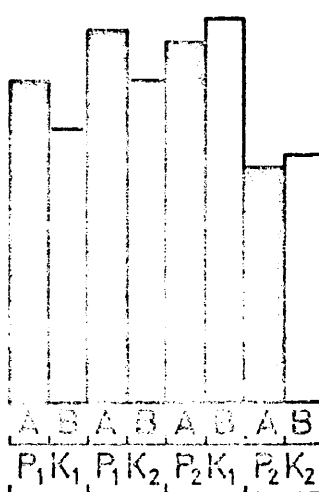
MANGANESO



COBRE



CINC



Sin aporte de Fe

FeSO₄ y M.O.

Fe-EDDHA

4.2.- Relaciones nutritivas con el hierro y otros elementos.

Las acciones de los nutrientes sobre la distribución de un elemento en la planta, su influencia en los procesos de síntesis en los que pueda participar y la transferencia desde la hoja a los demás órganos, es un hecho que confirma la complejidad en el metabolismo vegetal. O sea que es difícil considerar el que un nutriente actúe aisladamente del resto del conjunto de elementos esenciales.

En ésta parte vamos a considerar la interacción recíproca entre los elementos que hemos determinado y el hierro que es de nuestro especial interés; estas interacciones demuestran una mayor significación que las concentraciones absolutas por sí solas.

De las interacciones posibles solo vamos a considerar aquellas que puedan ser significativas al trabajo.

Para el caso que nos ocupa varios son los autores que proponen diferentes relaciones entre nutrientes.

Wallace (172) propuso la de N / Fe , Somers (151) la de Fe / Mn , De Kock (47) la de P / Fe , Mc George (111) la de K / Ca .

Estas relaciones tienden a establecer ciertos valores como índices en casos normales como en casos de deficiencia.

Además de las relaciones de cada elemento que consideramos de interés respecto al hierro, hemos examinado las de aquellos entre sí.

Con el objeto de establecer una relación comparativa entre los nutrientes examinados, hemos realizado el estudio de los mismos considerando los mgrs. átomo por 100 grs. de materia vegetal seca (22)

En el anexo indicamos las correspondientes fórmulas de transformación empleadas.

T A B L A

VALORES DE LA RELACION NITROGENO / HIERRO

EN MATERIA FOLIAR SECA

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	3723	3072	1438	1365	526	500
P1 K2	3208	2669	1221	1144	515	476
P2 K1	4244	3454	1638	1521	601	575
P2 K2	3590	3016	1423	1357	544	529

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente

T A B L A

VALORES DE LA RELACION FOSFORO / HIERRO

EN MATERIA FOLIAR SECA

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	69,69	56,29	26,43	24,14	10,37	9,81
P1 K2	52,82	43,20	21,56	19,78	9,33	9,00
P2 K1	82,00	65,45	31,25	28,89	11,96	11,31
P2 K2	66,42	53,64	24,90	23,66	11,48	11,02

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente

T A B L A

VALORES DE LA RELACION POTASIO / HIERRO

EN MATERIA FOLIAR SECA

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	640	512	254	236	84	78
P1 K2	558	459	237	221	96	91
P2 K1	713	567	300	275	103	94
P2 K2	649	539	281	259	113	104

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente

T A B L A

VALORES DE LA RELACION CALCIO / HIERRO

EN MATERIA FOLIAR SECA

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y H.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	929	777	581	566	237	237
P1 K2	733	628	446	429	204	203
P2 K1	1038	859	655	631	276	268
P2 K2	860	730	529	511	228	224

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente

T A B L A

VALORES DE LA RELACION MAGNESIO / HIERRO

EN MATERIA FOLIAR SECA

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	259	215	84	92	35	34
P1 K2	225	196	71	77	35	36
P2 K1	300	261	95	102	43	45
P2 K2	251	216	66	74	34	37

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente

T A B L A

VALORES DE LA RELACION HIERRO / MANGANESO

EN MATERIA FOLIAR SECA

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y H.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	3,82	3,84	3,52	3,22	7,12	6,77
P1 K2	3,47	3,37	2,94	3,00	6,06	5,68
P2 K1	3,21	3,32	2,71	2,66	5,49	5,61
P2 K2	4,58	4,09	3,83	3,49	6,97	6,90

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente

T A B L A

VALORES DE LA RELACION HIERRO / COBRE

EN MATERIA FOLIAR SECA

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	2,94	4,84	7,46	10,33	22,22	32,40
P1 K2	4,01	5,67	9,89	12,72	18,84	31,18
P2 K1	2,72	4,98	6,28	9,57	20,29	20,75
P2 K2	2,64	3,54	8,12	7,76	20,51	28,91

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente

T A B L A

VALORES DE LA RELACION HIERRO / CINC

EN MATERIA FOLIAR SECA

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	4,13	5,48	3,54	4,34	10,39	11,67
P1 K2	2,68	3,05	3,73	4,53	8,13	10,26
P2 K1	3,00	4,66	2,89	2,86	7,46	8,54
P2 K2	2,88	3,89	5,28	5,19	8,60	9,91

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente

T A B L A

VALORES DE LA RELACION NITROGENIO / FOSFORO

EN MATERIA FOLIAR SECA

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	53,22	54,37	54,20	56,35	50,54	50,77
P1 K2	60,51	61,55	56,40	57,64	54,95	52,73
P2 K1	51,57	52,58	52,25	52,44	50,04	50,63
P2 K2	53,85	56,01	56,93	57,14	47,24	47,82

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente

T A B L A

VALORES DE LA RELACION POTASIO / FOSFORO

EN MATERIA FOLIAR SECA

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	9,21	9,14	9,65	9,81	8,21	8,07
P1 K2	10,60	10,66	11,06	11,24	10,35	10,18
P2 K1	8,73	8,70	9,66	9,57	8,67	8,41
P2 K2	9,80	10,09	11,36	11,00	9,95	9,53

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente

T A B I A

VALORES DE LA RELACION NITROGENO / POTASIO

EN MATERIA FOLIAR SECA

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	5,81	5,98	5,64	5,77	6,19	6,32
P1 K2	5,74	5,80	5,13	5,15	5,33	5,21
P2 K1	5,94	6,08	5,44	5,51	5,80	6,05
P2 K2	5,52	5,58	5,04	5,22	4,77	5,04

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente

T A B L A

VALORES DE LA RELACION NITROGENO / CALCIO

EN MATERIA FOLIAR SECA

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y H.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	4,00	3,95	2,47	2,40	2,21	2,10
P1 K2	4,37	4,26	2,73	2,66	2,52	2,34
P2 K1	4,08	4,02	2,50	2,40	2,22	2,14
P2 K2	4,17	4,12	2,68	2,65	2,38	2,35

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente

T A B J A

VALORES DE LA RELACION FOSFORO / CALCIO

EN MATERIA FOLIAR SECA

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y H.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	0,075	0,072	0,045	0,042	0,043	0,041
F1 K2	0,072	0,069	0,048	0,046	0,045	0,044
P2 K1	0,079	0,076	0,047	0,045	0,044	0,042
P2 K2	0,077	0,073	0,047	0,046	0,050	0,049

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente

T A B L A

VALORES DE LA RELACION POTASIO / CALCIO

EN MATERIA FOLIAR SECA

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y H.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	0,688	0,659	0,437	0,416	0,357	0,332
P1 K2	0,761	0,733	0,532	0,515	0,471	0,449
P2 K1	0,687	0,660	0,459	0,436	0,382	0,353
P2 K2	0,754	0,738	0,533	0,507	0,498	0,467

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente

4.3.- Estudio estadístico de los resultados.

Con los datos obtenidos de los correspondientes análisis, hemos elaborado un estudio estadístico del cual, por su extensión, solo haremos el comentario que corresponde.

Los datos fueron procesados en el Centro de Cálculo Electrónico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Se realizaron los cálculos correspondientes al análisis de la variancia y la aplicación del criterio de la F al estudio de la significación de los resultados obtenidos.

Hemos considerado las parcelas principales de época de recolección y bloques, además subparcelas en las que se analizó el portador de hierro y interacción época de recolección-portador; por último las parcelas de segundo orden en las que consideramos el aporte del fósforo y potasio, su interacción tomando cada uno por separado, y las interacciones época-P K, portador-P K y época-portador-P K.

Los valores calculados de F en el caso particular del hierro y con las excepciones apuntadas, son netamente superiores a los teóricos correspondientes al mismo número de grados de libertad, y al nivel 1 %, lo cual nos muestra claramente la significación estadística de los resultados obtenidos.

No fueron significativos estadísticamente las interacciones entre la época de recolección y P K, y el conjunto de interacciones época-portador-P K.

4.4.- Observaciones y efectos visuales

Como resultado de las periódicas observaciones que se llevaron a cabo sobre el cultivo a lo largo de la experiencia, hemos podido comprobar algunos efectos que son de utilidad indicar ya que muy bien pueden ser de ~~af~~gnificación junto con los datos analíticos aportados.

1.- Hemos podido comprobar que en las plantas en que se evidenciaban signos de clorosis, éstos se manifestaban más acentuadamente en hojas jóvenes que surgían con un color verde más pálido.

2.- En general los efectos visuales entre tratamientos no fueron marcadamente definidos, pero sí pudieron observarse tendencias que insinuaban la acción de aquellos sobre las plantas.

3.- Los controles periódicos nos llevaron a observar en general que en los casos en que no se aportó hierro al suelo las tendencias al principio, y los signos de clorosis más tarde, fueron evidentes.

En los tratamientos tanto con sulfato de hierro con materia orgánica, como con Fe-EDDHA, no se manifestaron signos de clorosis; en algún caso se comprobó alguna tendencia pero fué temporal y aislada pudiéndose más tarde ver una recuperación casi total.

Entre los tratamientos con sulfato de hierro con

materia orgánica y Fe-EDDHA, no se establecieron grandes diferencias visuales y las que pudieron observarse no pueden ser atribuidas todas a los mismos.

Por otra parte los tratamientos con distintas dosis de fósforo y potasio, visualmente no fueron diferenciables, si bien comparativamente podrían insinuar distintas reacciones en el desarrollo pero no tan marcadas como para ser atribuidas a los mismos.

5.- Discusión de los resultados

Vamos a efectuar un análisis de los resultados obtenidos y el comentario correspondiente a que hubiere lugar. Para seguir un orden consideraremos en primer lugar el contenido de nutrientes en material foliar y luego las principales relaciones entre ellos.

5.1.- Contenido de nutrientes en material foliar

1.- Hierro:

- Los valores de este nutriente manifiestan un incremento en el sentido en que nó se aportó hierro al suelo, aportado como sulfato y materia orgánica y como quelato (Fe-EDDHA)

Los valores en hoja oscilan entre:

- sin aporte de hierro 36 a 55
- hierro como sulfato y materia orgánica 72 a 101
- Fe-EDDHA 179 a 220

todos dados en parte por millón

- Analizando los suministros de distintos niveles de fósforo y potasio, podemos observar que tanto para la época A (primera recolección), como para la época B (segunda recolección), el tratamiento correspondiente a P1 K2 fué el que correspondió al mayor contenido de hierro en hoja.

- En general se ha podido apreciar un aumento del contenido de hierro en hoja en la época B con relación a la época A de recolección.

2.- Nitrógeno:

- El nitrógeno adquiere sus mayores valores en el caso en que no se aportó hierro al suelo, siendo menores para el tratamiento con sulfato de hierro con materia orgánica y menor aún para cuando el aporte fué con Fe-EDDHA.

Los valores en % de éste nutriente en hoja oscilaron entre los límites siguientes:

- sin aporte de hierro 3,61 a 3,82
- sulfato de hierro y materia orgánica 2,80 a 3,06
- Fe-EDDHA 2,50 a 2,78

todos dados en por ciento

- Respecto a los valores que el nitrógeno asume para los tratamientos con fósforo y potasio, se puede observar que en general no hay una tendencia bien definida para relacionarlos directamente con un determinado nivel de esos nutrientes, pero podemos apreciar que el tratamiento P1 K1 en todos los casos es el que da el menor nivel de éste nutriente.
- Con relación a las épocas de recolección, se observa una tendencia a disminuir el contenido de nitrógeno en la época B con respecto a la A.

3.- Fósforo:

- Con relación a éste nutriente podemos observar que los valores en el caso en que no se aportó hierro son superiores a los otros dos tratamientos. Los valores en general oscilan así
 - sin aporte de Fe 0,132 a 0,164 %
 - como sulfato y mat. org. 0,110 a 0,125 %
 - como Fe-EDDHA 0,109 a 0,127 %
- Los tratamientos con fósforo y potasio al suelo, en general, según las condiciones de la experiencia, no parecen haber tenido una definida acción sobre el contenido de fósforo en hoja. Se puede observar que para los valores inferiores de éste nutriente en hoja hay una tendencia de corresponder al tratamiento P1 K2, y los mayores valores aparecen en los tratamientos P2 K1 y P2 K2.
- La época B de la recolección da valores inferiores de fósforo en hoja que la época A.

4.- Potasio:

- Al igual que el nitrógeno y el fósforo, se observa que el potasio adquiere mayores valores en hoja en el caso en que no se aportó hierro al suelo, y disminuye en los otros dos tratamientos, tomando el menor valor en el tratamiento con Fe-EDDHA.

Los valores límites superior e inferior son

- sin aporte de hierro 1,68 a 1,90 %
- sulfato de Fe y mat. orgánica 1,35 a 1,69 %
- Fe-EDDHA 1,10 a 1,58 %
- Se observa que el tratamiento P2 K2 de fósforo y potasio es el que ha incidido sobre el contenido de éste nutriente en hoja, dando en todos los casos el mayor valor.
- La primera época de recolección (A) es la que aportó los mayores valores de éste nutriente en hoja.

5.- Calcio:

- Los valores de calcio aparecen disminuidos en el caso en que no se aportó hierro al suelo con relación a los otros tratamientos; en éstos últimos no se ven diferencias muy marcadas en cuanto al contenido de éste nutriente.

Los valores extremos entre los que oscilaron los restantes fueron:

- sin aporte de Fe 2,41 a 2,70 %
- con sulfato de Fe y mat. org. 3,06 a 3,43 %
- con Fe-EDDHA 3,15 a 3,51 %
- Con relación a los distintos niveles de fósforo y potasio aportados al suelo, hay una tendencia a que el tratamiento P2 K1 sea el que responda con mayor contenido de calcio en hoja seguido por el de P1 K1

- Es también general la tendencia de que la época B de recolección dé los mayores valores de éste nutriente.

6.- Magnesio

- En éste nutriente, para nuestras condiciones de trabajo, se ha observado que sus mayores valores se han manifestado en el caso en que no se aportó hierro al suelo; para el caso en que se efectuaron aportes, por cualquiera de los métodos empleados, los niveles fueron inferiores a aquel; entre estos niveles con aporte de hierro no se observaron diferencias muy marcadas.

Los valores entre los que oscilaron los restantes fueron:

- sin aporte de Fe 0,44 % a 0,50 %
- sulfato de Fe y mat. org. 0,25 % a 0,34 %
- Fe-EDDHA 0,30 % a 0,36 %
- No se observa, con relación a los niveles de fósforo y potasio suministrado, que un determinado tratamiento dé valores máximos o mínimos de éste nutriente.
- Respecto a las épocas de recolección, los mayores valores tienden a darlos la segunda época (B); esta diferencia se observa más marcadamente en el tratamiento con sulfato de hierro y materia orgánica.

7.- Manganeso:

- El mayor contenido de nutriente en hoja se observa para el tratamiento con Fe-EDDHA al suelo; ese contenido es menor cuando tratamos con sulfato de hierro y materia orgánica y menor aún cuando no aportamos hierro al suelo.

Los valores extremos están dados por:

- sin aporte de hierro 9 a 16 ppm
- con sulfato de hierro y mat. org. 22 a 33 ppm
- con Fe-EDDHA 27 a 38 ppm
- El tratamiento P1 K2 de fósforo y potasio fué el que suministró el mayor valor de éste nutriente en hoja, siendo el P1 K1 el que denotó los menores.
- En casi todos los casos la segunda época de recolección (B) mostró la tendencia de dar los mayores valores de manganeso en hoja.

8.- Cobre:

- La tendencia de los valores de cobre se inclina a que los mayores valores estén aportados por el caso en que no se suministró hierro al suelo.

En los otros dos casos de aportes las diferencias entre ellos no han sido marcadamente evidentes.

Los valores extremos fueron:

- sin aporte de hierro 10 a 18 ppm
- con sulfato de Fe y mat. oca. 9 a 13 ppm
- con Fe-EDDHA 7 a 13 ppm
- Los tratamientos con fósforo y potasio no han dado una definida influencia en el contenido de éste nutriente, o sea que ninguno ha llegado a generalizar definitivamente su efecto y no podemos indicar tendencias.
- Respecto a la época, salvo alguna excepción, se ha comprobado que los mayores valores del contenido en hoja corresponden a la primera recolección (A).

9.- Cinc:

- Este nutriente tiene en hoja los menores valores para cuando no se aportó hierro al suelo. Para los otros dos casos los valores no tienen evidentes variantes.

Los valores oscilaron entre:

- sin aporte de hierro 10 a 21 ppm
- con sulfato de hierro y mat. oca. 19 a 31 ppm
- con Fe-EDDHA 20 a 31 ppm.
- Ningún tratamiento mostró una marcada influencia del fósforo y potasio suministrado; los efectos en hoja no han sido definidos.
- Hay una tendencia, salvo algunas excepciones, a que los mayores valores de cinc se observen en la época A (segunda recolección).

5.2.- Relaciones nutritivas con el hierro y otros elementos.

1.- Nitrógeno / Hierro

- Las relaciones están marcadamente diferenciadas según el caso en que no se aporte hierro al suelo o cuando se hace ya como sulfato con materia orgánica o con Fe-EDDHA.
 - sin aporte de hierro 2669 a 4244
 - como sulfato y mat. org. 1144 a 1638
 - como Fe-EDDHA 476 a 601
- De los niveles de fósforo y potasio aplicado correspondió al P2 K1 el que proporcione los mayores valores
- En cuanto a la época de recolección la segunda (B) ha proporcionado los valores de las relaciones más elevadas con respecto a la época A.

2.- Fósforo / Hierro

- Aquí las fluctuaciones son similares a las del anterior caso con el nitrógeno y el hierro.
 - sin aporte de hierro 43,20 a 82,00
 - como sulfato y mat. org. 19,78 a 31,25
 - como Fe-EDDHA 9,00 a 11,96
- Igualmente aquí el mayor valor corresponde al tratamiento P2 K1.

- Con relación a la época que nos proporciona los mayores valores de la relación, ésta es la primera (A) con relación a la segunda época de recolección.

3.- Potasio / Hierro

- Esta relación nos presenta los valores distribuidos de manera análoga a los dos casos anteriores.
 - sin aporte de hierro 459 a 713
 - como sulfato con mat. oca. 221 a 537
 - como Fe-EDDHA 78 a 113
- En general no puede definirse cual nivel se destaca, en los aportes de fósforo y potasio, como el que proporciona los mayores valores.
- Se puede apreciar, eso sí, que la primera recolección nos suministró los mayores valores de la relación

4.- Calcio / Hierro

- Seguimos aquí observando la tendencia apreciada en los casos anteriores.
 - sin aporte de hierro 628 a 1038
 - como sulfato y mat. oca. 429 a 655
 - como Fe-EDDHA 203 a 276
- El nivel de fósforo y potasio que define el más alto valor de la relación es el de P2 K1
- La época A da, igualmente, los mayores valores.

5.- Magnesio / Hierro

- Según las condiciones experimentales, esta relación se comportó de igual manera que las vistas hasta el presente.
- sin aporte de hierro 196 a 300
- como sulfato y mat. oca. 71 a 102
- como Fe-EDDEA 34 a 47
- Se repite aquí la tendencia marcada que tiene el nivel P2 K1 de dar los mayores valores de la relación, salvo alguna excepción.
- En cuanto a las épocas de recolección no hay definición sobre la que aporta el mayor valor.

6.- Hierro / Manganeso

- Aquí los valores de las relaciones adquieren otros niveles en sus fluctuaciones.
- sin aporte de hierro 3,21 a 4,58
- como sulfato y mat. oca. 2,66 a 3,87
- como Fe-EDDEA 5,49 a 7,12
- No hay una tendencia definida en los niveles de fósforo y potasio aplicados, aunque con algunas excepciones los mayores niveles de estos macronutrientes dan los valores mayores de la relación.
- No se ha encontrado una definida tendencia en cuanto a qué época es la que dá los más altos valores.

7.- Hierro / Cobre

- A pesar de que los resultados y observaciones que hemos realizado sobre éste bioelemento , el cobre, no aportó una significativa información, estimamos interesante exponer los valores de su relación con el hierro.
- sin aporte de hierro 2,64 a 5,67
- como sulfato y con mat. oca. 6,28 a 12,72
- como Fe-EDDHA 18,84 a 32,40
- Con relación a los tratamientos con fósforo y potasio el nivel P1 K2 tiende a dar los mayores valores de la relación, salvo alguna excepción; o sea que no puede esto generalizarse.
- Por otra parte hay una definida tendencia a que la época B dé los mayores valores con relación a la A.

8.- Hierro / Cinc

- Las consideraciones previas que hicieramos en el caso anterior las reiteramos aquí
- sin aporte de hierro 2,68 a 5,48
- como sulfato con mat. oca. 2,86 a 5,28
- como Fe-EDDHA 7,46 a 11,67
- Con respecto a los tratamientos con fósforo y potasio no se ha podido generalizar el efecto de ningún nivel en particular.

- Finalmente en lo que respecta a las épocas de recolección, la segunda (B) es la que proporciona los valores más destacados.

9.- Nitrógeno / Fósforo

- Si bien la bibliografía cita escasamente el valor de ésta relación, hemos creído que podría significar algún aporte el presentar los datos a los que se arribó.
 - sin aporte de hierro 51,57 a 61,55
 - como sulfato y con mat. oca. 52,25 a 62,44
 - como Fe-EDDHA 47,24 a 54,95
- Se insinúa una tendencia de ser el nivel P₁ K₂ el que proporcione los valores más elevados de la relación.
- Con respecto a la época, salvo una excepción, la segunda (B) es la que dá los mayores valores.

10.- Nitrógeno / Potasio

- Para ésta relación hacemos válida la observación que efectuéramos al comienzo de la anterior.
 - sin aporte de hierro 5,52 a 6,08
 - como sulfato y con mat. oca. 5,04 a 5,77
 - como Fe-EDDHA 4,67 a 6,32
- Aquí se insinúa una tendencia a que se el nivel P₁ K₁ el que dé los mayores valores y el P₂ K₂ los menores.

- Respecto a la época que suministra el mayor valor de la relación, ella es la correspondiente a la segunda recolección (B),

11.- Potasio / Fósforo

- Las diferencias que ofrece ésta relación no son definidamente marcadas en nuestras condiciones experimentales.
 - sin aporte de hierro 8,70 a 10,66
 - como sulfato con mat. oca. 9,57 a 11,36
 - como Fe-EDDHA 8,07 a 10,35
- Con relación a los niveles de fósforo y potasio tampoco pudieron definirse en tendencias marcadas a dar valores altos.
- Igualmente sucede con las épocas de recolección; no hubo una respuesta clara y definitiva.
- Los valores que se obtuvieron para la inversa de la relación fueron:
 - sin aporte de hierro 0,094 a 0,115
 - como sulfato y con mat. oca. 0,088 a 0,105
 - como Fe-EDDHA 0,097 a 0,124
- Tanto en los tratamientos con fósforo y potasio como para las épocas de recolección no hubo destacados valores.

12.- Nitrógeno / Calcio

- Esta relación nos dá valores más definidos entre el caso en que no se aportó hierro al suelo y los otros dos en que se hizo ya como sulfato mezclado con materia orgánica o como Fe-EDDHA.

Los valores en cada caso fueron:

- sin aporte de hierro 3,95 a 4,37
- como sulfato con mat. oca. 2,40 a 2,73
- como Fe-EDDHA 2,10 a 2,52
- Igualmente se pudo comprobar que hay tratamientos definidos de fósforo y potasio; así se pudo ver que el nivel P1 K2 dió los valores mayores de la relación y que el nivel P1 K1 el menor valor.
- Con respecto a la época de recolección, la A (primera recolección) dió los mayores valores.

13.- Fósforo / Calcio

- Al estudiar los valores que surgen de relacionar estos dos nutrientes, comprobamos que los márgenes en los que oscilan no son muy amplios y en todos los tratamientos, si bien se observan límites de variabilidad propios, éstos no son lo suficientemente amplios como para dar plena efectividad a la relación.
- sin aporte de hierro 0,069 a 0,077
- como sulfato con mat. oca. 0,042 a 0,048
- como Fe-EDDHA 0,041 a 0,050

- No se observa que algún nivel de fósforo y potasio adquiriera notoriedad por los valores aportados, en ésta relación.
- Sí, en cambio, la primera recolección (A) da los mayores valores.
- Se han estudiado los valores de la inversa de la relación, o sea Ca / P , y ellos son:
 - sin aporte de hierro 12,61 a 14,44
 - como sulfato con mat. oca. 20,62 a 21,91
 - como Fe-EDDHA 19,83 a 24,10
- Tampoco en la inversa hubo valores de los niveles de fósforo y potasio aplicados que merecieron destacarse
- Aquí la segunda época de recolección fué la que dió los valores más significativos.

14.- Potasio / Calcio

- Esta relación nos ha proporcionado interesantes valores por lo que merece destacarse. Los valores para los tratamientos con hierro y el que no recibió aporte de éste nutriente fueron:
 - sin aporte de hierro 0,660 a 0,761
 - como sulfato con mat. oca. 0,416 a 0,533
 - como Fe-EDDHA 0,332 a 0,498
- Para los niveles de fósforo y potasio hemos observado que el nivel-P1 K2 insinúa una tendencia a dar con alguna excepción, los mayores valores de la relación.

Por su parte el nivel P₁ K₁ ha suministrado la menor relación.

- Con relación a la época de recolección, la primera fué la que aportó los datos más significativos.

5.3.- Discusión General.

Se destaca en los resultados obtenidos, que los valores de hierro en hoja con el aporte de sulfato de hierro y materia orgánica son normales y además el porte y efectos visuales dan también pautas de normalidad, siendo esta comprobación el fin fundamental del experimento. Por otra parte los valores de Fe-EDDHA son superiores a lo normal.

Si a esto unimos la diferencia existente en el costo económico de ambos compuesto, no ofrece duda el seleccionar para su aplicación el primero de los citados.

Entrando en detalles y observando los resultados obtenidos, se puede ver claramente que la dosis más alta de potasio es favorable para la absorción de hierro y lo contrario ocurre con el fósforo. Por lo tanto parece conveniente recomendar faertilizaciones más altas con potasio que con fósforo para ofrecer los menores problemas con la clorosis férrica.

Es interesante señalar que el nitrógeno en la hoja presenta valores más bajos cuanto más alto es el hierro aportado al suelo y el contenido en las hojas.

Lo mismo ocurre en el caso del fósforo, lo que nos lleva a pensar que, debido a la falta de hierro, ante un desarrollo depresivo de la planta, ésta lo trata de suplir con una absorción de elementos plásticos (N y P); posiblemente también de azufre, el tercero de ellos, lo que no se ha podido comprobar por no determinarse en hoja.

Resulta muy lógico que a medida que el hierro es más abundante, disminuya la absorción de potasio, ya que éste facilita la translocación de aquél que aparece en mayor cantidad; por tal motivo no se hace tan precisa.

Por el contrario es sorprendente que el calcio presente mayores valores cuando aumenta el hierro en hoja. Más que una necesidad fisiológica parece consecuencia de la acidificación del medio exterior por la materia orgánica con el sulfato de hierro y en el caso del quelato que ingrese por formación de un complejo. pero existe una explicación más categórica que es el antagonismo potasio - calcio. Al disminuir la absorción del primero, aumenta automáticamente la del segundo. Puede darse otra explicación mucho más simple y es que la presencia de más hierro en la planta con la mayor formación de clorofila y sustancias en los procesos redox, requiere una mayor cantidad de calcio en la misma.

La presencia de mayor cantidad de hierro en la planta explica la necesidad de menores cantidades de magnesio. La clorofila se forma normalmente. Por otra parte está el antagonismo calcio-magnesio y el sinergismo potasio-magnesio. En éste caso, más bien, que cuando aumenta la absorción de potasio se requiere que aumente la de magnesio y viceversa.

De esta misma forma se explica que aumente el manganeso en planta con mayores niveles de hierro, pues la relación manganeso-hierro es fundamental en los equilibrios de oxido-reducción en la planta.

Los valores más bajos de cobre se observan cuando aumenta el hierro tanto en el suelo como en hoja. Las variaciones no son muy notables. Es muy probable que la materia orgánica y la estructura del quelato dificulten la absorción del cobre por procesos de formación de complejos.

Respecto al cinc, los resultados se pueden explicar de dos maneras, una menos convincente pero posible; la acción acompañante de la materia orgánica y de la estructura del quelato que favorece su absorción. Otra más concluyente y conocida y que es el antagonismo fósforo-cinc. Al disminuir la absorción de fósforo aumenta la de cinc y viceversa. Es el típico caso de la deficiencia de cinc inducida por un nivel alta de fertilización fosfatada, tan conocida en la práctica.

La variación de los valores en las dos épocas de toma de muestra están perfectamente de acuerdo con la información bibliográfica, así por lo tanto están dentro de las explicaciones fisiológicas que existe sobre el particular.

En cuanto a las relaciones estudiadas, son fiel reflejo de todo lo acabado de exponer.

Debemos destacar el fuerte descenso de la relación nitrógeno/hierro al aplicar hierro al suelo, siendo respectivamente $1/3$ con materia orgánica y sulfato de hierro y de $1/7$ con Fe-EDDHA de la relación sin aplicar hierro.

Del mismo orden son las diferencias con respecto a la relación fósforo-hierro al aplicar Fe-EDDHA, si bien algo más bajas (entre $1/2$ y $1/2,5$) para el sulfato de hierro con la materia orgánica. Ahora bien, teniendo en cuenta que la precisión en las determinaciones es muy diferente para el fósforo que para el nitrógeno, no parece lógico tratar de explicar estas pequeñas variaciones en el comportamiento de los dos elementos.

En las relaciones potasio/hierro se observa claramente cómo a valores más bajos del primero, baja la relación, lo que indica que hay mayor absorción de hierro. Nuestra explicación es que en el caso del Fe-EDDHA los niveles de hierro son más altos que los normales y por eso en ningún caso interfieren a la absorción del potasio que solamente viene a estar afectada por su nivel en el suelo y de forma muy marcada.

En la relación calcio/hierro se observa en la tabla claramente el antagonismo potasio-calcio, cualquiera sea el tratamiento de hierro, incluso sin aportar éste al suelo. Para los tratamientos de hierro, a pesar del efecto positivo sobre la absorción del calcio, es aún mayor sobre la del hierro, especialmente para el tratamiento con Fe-EDDHA por lo que la razón baja y más aún para éste último. Es muy interesante señalar que la relación magnesio/hierro experimenta variaciones del mismo orden que las nitrógeno/hierro y fósforo/hierro; aproximadamente $1/3$ y $1/7$, haciéndonos pensar en una

actuación similar del magnesio a los elementos plásticos, y el magnesio puede en sí considerarse como tal en lo que a la constitución de la clorofila se refiere; por lo que no es desacertado el pensar que el otro elemento plástico el azufre se comporte de igual manera.

La relación hierro / manganeso no presenta variaciones entre la no aplicación de hierro y el caso de materia orgánica con sulfato de hierro, solamente en éste caso unos valores más bajos muy ligeramente.

Los resultados de las relaciones hierro/cobre y hierro/cinc quedan perfectamente estudiadas con lo que señalamos sobre el particular al considerar cada nutriente anteriormente.

Existe una clara tendencia a valores más bajos de la relación nitrógeno/fósforo en el sentido: sin aporte de Fe, con Mat. Oca. y sulfato de hierro y con Fe-EDDHA, lo que demuestra que el influjo del hierro absorbido creciente es más antagónico sobre el nitrógeno que sobre el fósforo.

La relación nitrógeno / potasio no nos hace arribar a nada concluyente.

En el caso de la relación potasio / fósforo, los valores más altos corresponden al sulfato de hierro con materia orgánica, pues

los del Fe-EDDHA son incluso más bajos que sin el aporte de hierro. No hay más explicación que los valores del Fe-EDDHA en la hoja son más altos que los normales y por lo tanto no afectan ya a la absorción del fósforo que es prácticamente casi igual (el fósforo es un elemento plástico) y sí bastante al potasio como puede verse en las correspondientes tablas.

En la tabla de la relación nitrógeno/calcio se observa claramente el antagonismo potasio-calcio, pues para fertilizaciones más altas de potasio cualquiera que sea el tratamiento de hierro la relación sube, porque baja el calcio en la planta. En el conjunto de los datos se ve el antagonismo nitrógeno-hierro y el sinergismo hierro-calcio que ya hemos visto separadamente. Aquí se ve la suma de dichos efectos.

La relación fósforo/calcio presenta valores mucho más bajos para cuando se aplica hierro ya en la forma de mat. oca. con sulfato de hierro o bien Fe-EDDHA, que cuando no se aplicaba. Esto se explica fácilmente de acuerdo con lo que hemos comentado en las respectivas tablas para cada nutriente, pues la acción sobre el fósforo del hierro es reduciendo su nivel en las hojas y lo contrario ocurre con el calcio por lo que la relación se aumenta al efecto. También se observa que los valores son más altos sin hierro con la dosis más alta de fósforo en el suelo, lo que es lógico y natural, pero baja al subir el nivel de potasio (por antagonismo potasio-calcio). Pero estos aspectos no se aprecian cuando se aplicó hierro al medio pues quedan encubiertos por las acciones parciales del hierro sobre el fósforo y el calcio.

Finalmente en el caso de la relación potasio/calcio se observa claramente el efecto de la fertilización potásica y la acción de los tratamientos con aporte de hierro frente al que no aporta este elemento, sobre la absorción del potasio y del calcio.

6.- Conclusiones

Como la presente experiencia está directamente relacionada con la que a continuación exponemos, es que consideramos mucho más razonable, luego de efectuar la discusión de los resultados obtenidos, abordar las conclusiones sobre ambos trabajos con el fin de que las mismas sean lo suficientemente completas, Por ello en éste aspecto remitimos a las conclusiones correspondientes al final del trabajo siguiente o Experiencia M-2.

3.2.- Experimento M-2

" Acción de diferentes niveles de fósforo y de potasio, y estudio del mantenimiento del efecto de distintas sales de hierro y materia orgánica en melocotoneros (*Prunus Persica*), desarrollados sobre suelos calizos.

3.2.- Experimento M-2

- 1.- Características de los suelos
- 2.- Características del cultivo
- 3.- Desarrollo del Experimento
 - 3.1.- Establecimiento del experimento
 - 3.2.- Tratamientos previstos y sustancias empleadas
 - 3.3.- Labores realizadas
 - 3.4.- Estado sanitario del cultivo
 - 3.5.- Condiciones ambientales
 - 3.6.- Recolección, preparación y tratamiento del
material foliar
 - 3.7.- Análisis del material foliar
- 4.- Resultados obtenidos
 - 4.1.- Contenido de nutrientes en el material vegetal
 - 4.2.- Relaciones nutritivas con el hierro y otros
elementos.
 - 4.3.- Estudio estadístico de los resultados
 - 4.4.- Observaciones y efectos visuales
- 5.- Discusión de los resultados
- 6.- Conclusiones

1.- Características de los suelos

Las características de los suelos en los que se estableció este experimento, son las mismas que las del anterior (M-1), ya que se desarrolló sobre el mismo suelo.

2.- Características del cultivo

Lo mismo podemos decir aquí en lo que respecta al cultivo ya que los árboles melocotoneros utilizados correspondían al mismo experimento.

3.- Desarrollo del Experimento

3.1.- Establecimiento del experimento

Idéntica disposición al experimento anterior fue dado a los tiestos.

A cada tiesto se le suministró una fertilización básica de nitrógeno tal como veremos más adelante. Se mantuvo el régimen de riego controlado.

3.2.- Tratamientos previstos y sustancias empleadas

Conforme a los objetivos de este experimento se

llevó a cabo un plan de aportes de nutrientes al suelo. Los mismos fueron:

- Fósforo . como superfosfato suministrado en dos niveles.

P_1 correspondiente a 10 grs. de superfosfato por tiesto.

P_2 correspondiente a 50 grs. de superfosfato por tiesto.

- Potasio . como sulfato de potasio suministrado también en dos niveles.

K_1 correspondiente a 20 grs. de sal de potasio por tiesto.

K_2 correspondiente a 100 grs. de sal de potasio por tiesto.

La dosis de potasio, al igual que en la experiencia anterior, se suministró cada una por mitades y colocadas en distintos momentos.

- Nitrógeno . se aplicó una dosis básica como nitrato. La cantidad total de 75 gramos por tiesto fué suministrada en dos fracciones: una de 50 grs., en primer lugar, y otra segunda de 25 grs. La sal empleada fué nitrato de calcio

Los tratamientos previstos conforme al propósito del trabajo fueron similares a los del experimento anterior, o sea que los distintos niveles de fósforo y potasio: $P_1 K_1$, $P_1 K_2$, $P_2 K_1$, $P_2 K_2$ fueron suministrados a los tiestos que en la experiencia M-1 le habían correspondido los mismos.

En este experimento no se proporcionó hierro en ninguna de las formas anteriormente aplicadas, ya como sulfato de hierro con materia orgánica o como quelato de hierro Fe-EDDHA.

Cronológicamente las aplicaciones fueron:

En el mes de marzo se suministró el nivel correspondiente de fósforo, la primera mitad de la dosis de potasio y la cantidad de nitrógeno de la primera época.

En el mes de mayo se agregó la segunda mitad de potasio y el nivel de nitrógeno de la segunda época.

3.3.- Labores realizadas

Se ha querido mantener sobre el cultivo un manejo y atención similar al que se venía realizando desde la primer experimento. Por ello se ha dado especial importancia a los riegos controlados y a las labores de cava, eliminación de malezas y observacio-

nes que sobre el desarrollo se veían oportunas realizar.

3.4.- Estado sanitario del cultivo

Como medida preventiva se trató la experiencia con un plaguicida no fosforado. El N-metilcarbamato de 3 metil -5- isopropilfenil actuó de manera sumamente eficaz sobre los indicios de pulgón que se manifestaron en dos oportunidades. Durante el desarrollo experimental se realizaron en total tres aplicaciones. Las propias características del cultivo exigieron una permanente atención en este aspecto.

3.5.- Condiciones ambientales

Se controlaron a lo largo del experimento la temperatura y humedad ambiental.

Los registros obtenidos se consignan seguidamente y por separado.

CONDICIONES AMBIENTALES

TEMPERATURA Y HUMEDAD

EXPERIENCIA M-2

	TEMPERATURA		H U M E D A D		
	MAXIMA MEDIA	MINIMA MEDIA	MAXIMA ABSOLUTA	MINIMA ABSOLUTA	MEDIA
	°C	°C	%	%	%
ENERO	27,0	19,0	80	66	73
FEBRERO	32,0	16,0	68	58	64
MARZO	33,0	14,5	72	60	66
ABRIL	35,0	14,0	66	57	61
MAYO	34,0	19,0	72	59	64
JUNIO	34,5	21,0	64	55	60

3.6.- Recolección, preparación y tratamiento del material foliar.

Las consideraciones que hemos hecho sobre éste punto en la experiencia anterior son igualmente válidas aquí.

En cuanto a la recolección del material foliar, con el propósito de mantener un idéntico criterio respecto a la experiencia M-1, hemos procedido a efectuar la primera recolección coincidiendo con el cuajado del fruto y la segunda en el momento de la cosecha del mismo.

Las hojas recogidas correspondieron a las del segundo tercio de las ramas que presentaban en el conjunto aspecto uniforme y buen estado fitosanitario.

En total por árbol se tomaron veinte hojas en una vuelta al mismo y de sus zonas alta, media y baja. Respecto a la limpieza de las muestras y el secado del material foliar y molienda, se ha observado en general un procedimiento que correspondió al de la experiencia precedente.

3.7.- Análisis del material foliar

No hemos variado los criterios aplicados en el

trabajo anterior.

Así en líneas generales diremos que a un gramo de muestra previamente secada a 105 °C se procedió a atacar con ácido nítrico (10 mls), el que luego de actuar en frío sobre aquella, se procedió a suministrar un calentamiento en baño de arena hasta ausencia de vapores nitrosos. Seguidamente se añadió ácido perclórico (2 mls) el que actuó en caliente hasta desaparición de humos blancos, junto con 5 mls. de ácido sulfúrico. El residuo se filtra en caliente y los líquidos luego de recibidos en un matríz, enrrasado éste, y realizadas las diluciones apropiadas para los distintos análisis, se dispusieron para la determinación de los elementos que eran de nuestro interés.

Las determinaciones se efectuaron conforme los métodos que se indican:

Hierro, Manganeso, Cobre, Cinc y Magnesio por espectrofotometría de absorción atómica.

Calcio y Potasio por fotometría de llama

Nitrógeno por el método de Kjeldahl

Fósforo por el método del azul de molibdeno

En el anexo se expone un detalle de los métodos.

4.- Resultados Obtenidos

El conjunto de resultados obtenidos en ésta experiencia, se refieren al contenido de nutrientes en material foliar proveniente de las dos recogidas.

Una reseña destallada de los mismos se presenta en el Anexo final.

4.1.- Contenido de nutrientes

En primer lugar exponemos las tablas correspondientes al contenido de nutrientes en material vegetal seco.

En cada tabla los resultados corresponden a las distintas aportaciones de hierro o sea, sin aporte de éste nutriente, aportado como sulfato de hierro con materia orgánica y como quelato. Se debe nuevamente aclarar que en esta experiencia no se efectuaron estos aportes y lo que se trata de estudiar es el mantenimiento del efecto de los mismos llevado a cabo el año anterior. Lo que sí se ha suministrado y en distintos niveles son las dosis de fósforo y potasio.

Las columnas encabezadas por A expresan los resultados que corresponden a la primera recolección y las enca-

bezadas por B a los correspondientes a la segunda recolección.

Los valores de hierro, manganeso, cinc y cobre se expresan en partes por millón; los de potasio, calcio, magnesio, nitrógeno y fósforo en tanto por ciento.

T A B L ACONTENIDO EN MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA FOLLAR SECA

VALORES MEDIOS DE HIERRO en p.p.m.

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-MEDIA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	41	44	85	88	126	138
P1 K2	48	52	103	110	182	196
P2 K1	30	32	78	84	154	158
P2 K2	36	36	80	82	132	151

A y B significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

T A B L ACONTENIDO EN MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA FOLIAR SECA

VALORES MEDIOS DE NITROGENO en %

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	4,40	4,29	3,10	3,14	2,72	2,64
P1 K2	4,13	4,17	2,85	2,55	2,59	2,63
P2 K1	4,40	4,41	3,24	3,13	3,12	3,11
P2 K2	3,81	3,66	2,79	2,72	2,42	2,17

A y B significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

T A B L ACONTENIDO EN MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA FOJAR SECA

VALORES MEDIOS DE FOSFORO en %

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	0,214	0,182	0,138	0,136	0,125	0,129
P1 K2	0,190	0,169	0,157	0,151	0,132	0,132
P2 K1	0,268	0,217	0,164	0,169	0,141	0,128
P2 K2	0,176	0,178	0,137	0,128	0,136	0,131

A y B significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

T A B L ACONTENIDO EN MATERIAS VEGETALES

EN MATERIA FOLIAR SECA

VALORES MEDIOS DE POTASIO en %

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.C.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	1,90	1,74	1,76	1,62	1,80	1,73
P1 K2	1,86	1,78	1,81	1,73	1,60	1,43
P2 K1	1,69	1,62	1,65	1,66	1,51	1,55
P2 K2	1,89	1,90	1,75	1,73	1,72	1,67

A y B significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

T A B L ACONTENIDO EN MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA FOLIAR SECA

VALORES MEDIOS DE CALCIO en %

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	3,03	3,10	3,22	3,31	3,21	3,32
P1 K2	2,93	3,00	3,33	3,32	3,29	3,39
P2 K1	2,81	2,90	3,46	3,51	3,34	3,36
P2 K2	2,69	2,87	3,29	3,39	3,17	3,26

A y B significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

T A B L A

CONTENIDO EN MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA FOJAR SECA

VALORES MEDIOS DE MAGNESIO en %

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	0,54	0,57	0,36	0,43	0,43	0,47
P1 K2	0,51	0,61	0,44	0,45	0,46	0,48
P2 K1	0,57	0,60	0,34	0,40	0,32	0,36
P2 K2	0,48	0,56	0,38	0,39	0,32	0,45

A y B significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

T A B L ACONTENIDO EN MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA FORNAR SECA

VALORES MEDIOS DE MANGANESO en p.p.m.

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	20	20	33	37	26	28
P1 K2	23	24	34	40	32	34
P2 K1	15	17	31	37	25	30
P2 K2	14	22	29	32	31	30

A y B significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

T A B L ACONTENIDO EN MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA FOJAR SECA

VALORES MEDIOS DE COBRE en p.p.m.

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	27	22	16	16	11	10
P1 K2	20	18	16	15	15	12
P2 K1	25	22	19	18	12	9
P2 K2	23	20	18	15	16	12

A y B significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

T A B L ACONTENIDO EN MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA FOLIAR SECA

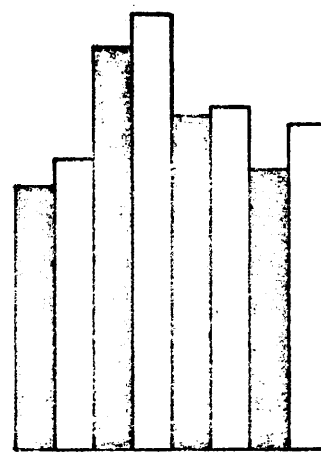
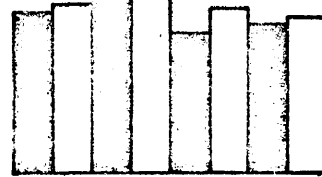
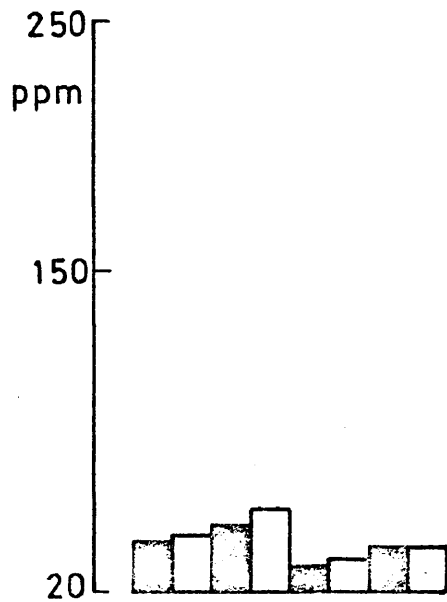
VALORES MEDIOS DE CINC en p.p.m.

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDMA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	17	13	30	21	31	22
P1 K2	22	23	26	25	39	32
P2 K1	24	21	33	34	32	32
P2 K2	19	20	29	26	26	25

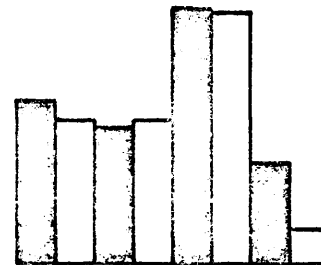
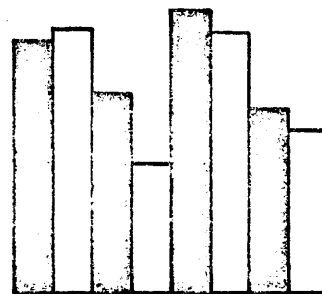
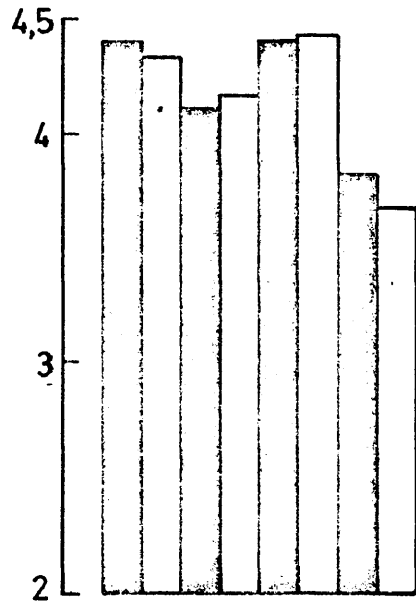
A y B. significan los contenidos correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal, respectivamente.

El conjunto de valores individuales se expresa en el Apéndice.

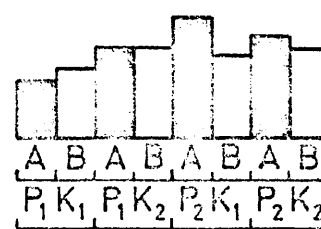
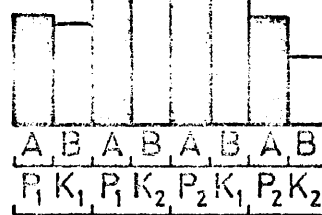
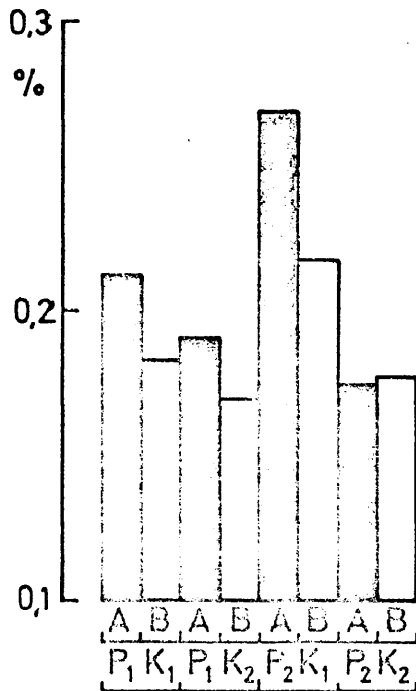
HIERRO



NITROGENO



FOSFORO

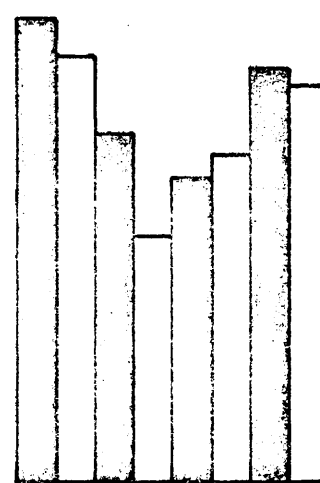
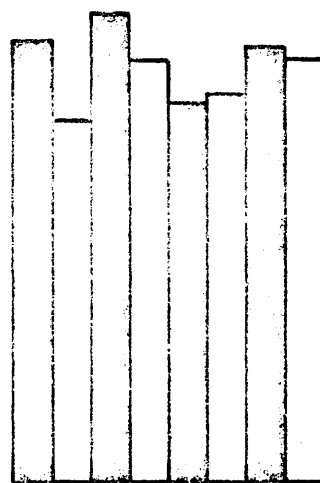
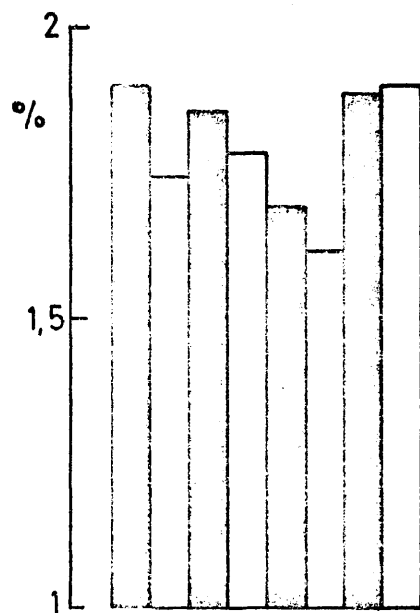


Sin aporte de Fe

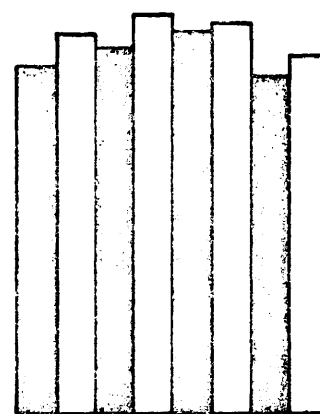
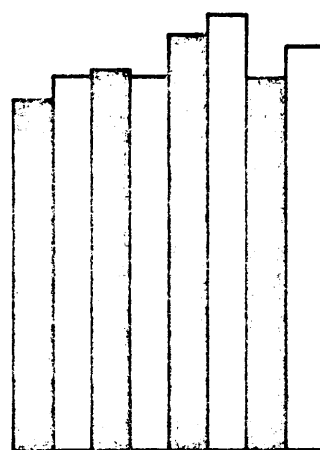
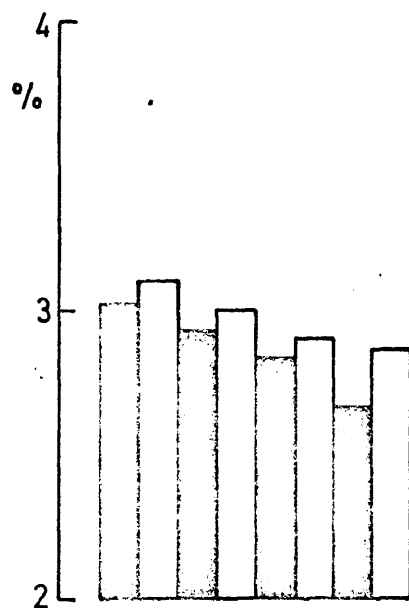
FeSO₄ y M.O.

Fe-EDDHA

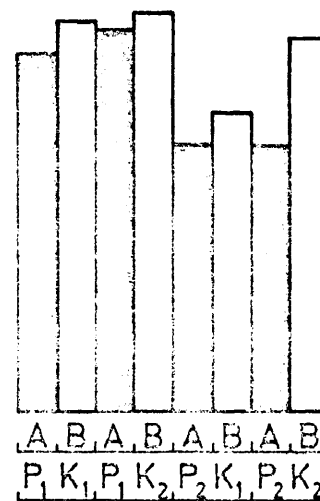
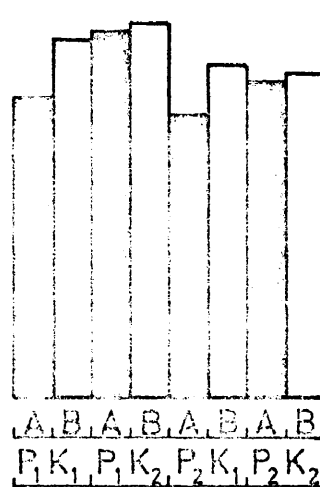
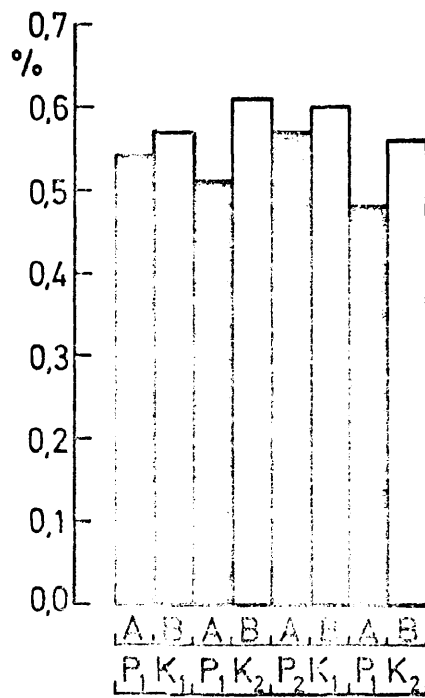
POTASIO



CALCIO



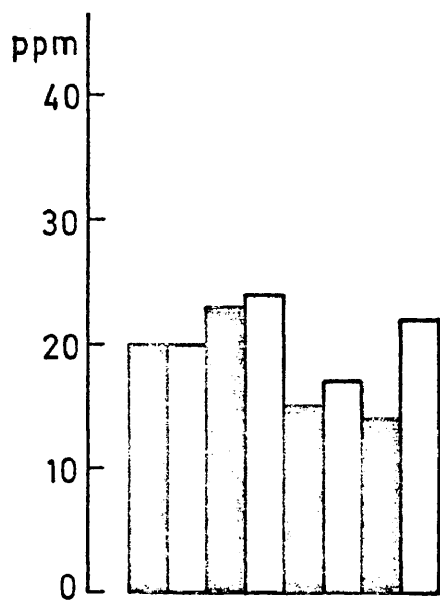
MAGNESIO



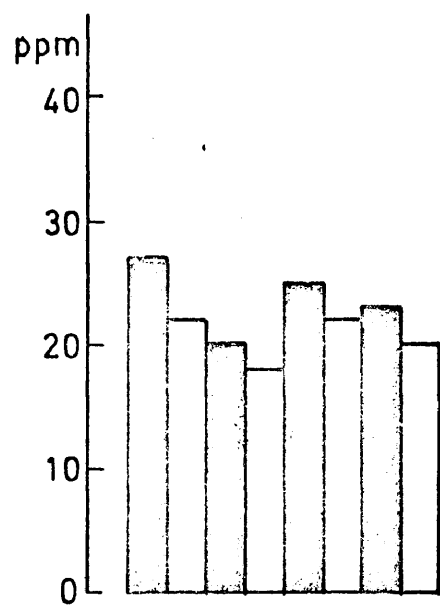
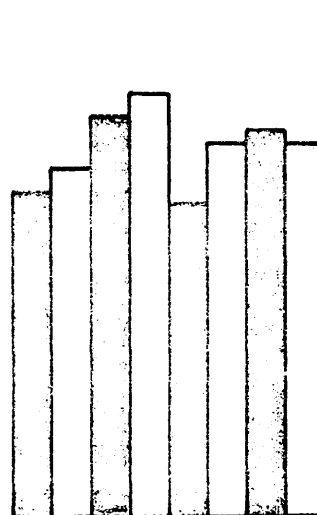
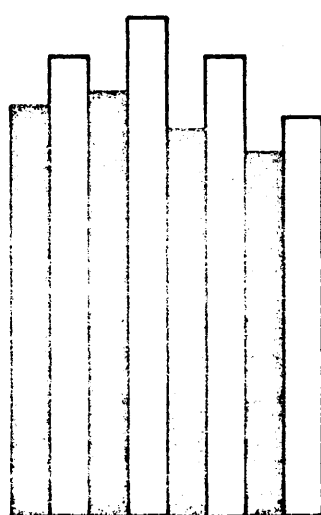
Sin aporte de Fe

FeSO₄ y M.O.

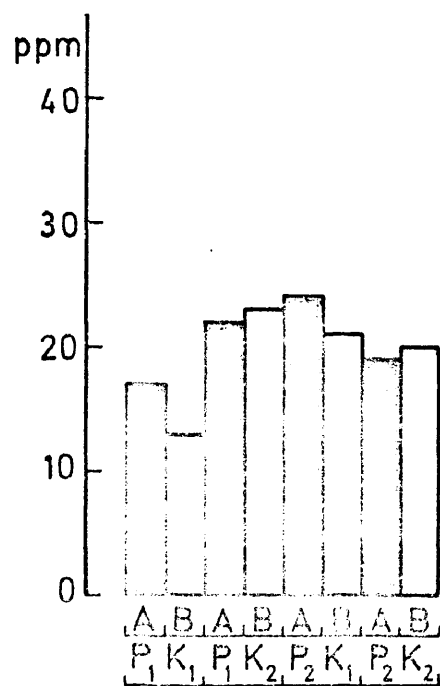
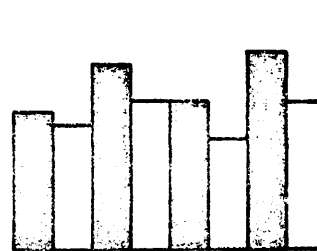
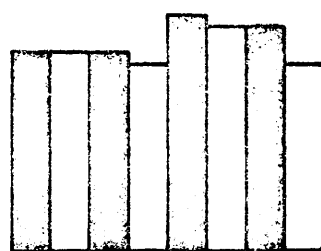
Fe-EDDHA



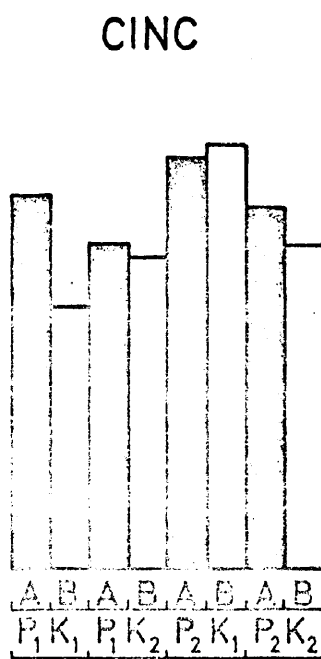
MANGANESO



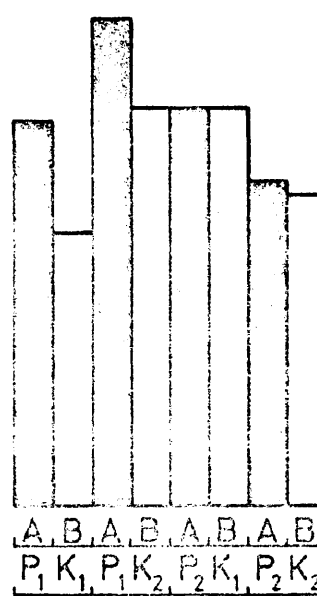
COBRE



Sin aporte de Fe



FeSO y M.O.



Fe-EDDHA

4.2.- Relaciones nutritivas con el hierro y otros elementos

Ya en el trabajo anterior poníamos de relieve distintos aspectos del valor que tiene considerar las relaciones nutritivas que surgen de los contenidos foliares de los elementos estudiados.

Las relaciones tienden a establecer ciertos valores como índices en casos normales como en casos de deficiencia.

Los valores de las relaciones están expuestos en las tablas siguientes y, como se verá, para facilitar la observación y el estudio comparativo con relación a los valores hallados para el estudio anterior, las mismas están junto a las tablas de la Experiencia M-1.

El estudio de las relaciones nutritivas se ha realizado considerando los mgs. átomo por 100 grs. de materia vegetal seca.

VALORES DE LA RELACION NITROGENO / HIERRO

EN MATERIA FOLIAR SECA

PRIMERA EXPERIENCIA (M1)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	3723	3072	1438	1365	526	500
P1 K2	3208	2669	1221	1144	515	476
P2 K1	4244	3454	1638	1521	601	575
P2 K2	3590	3016	1423	1357	544	529

SEGUNDA EXPERIENCIA (M2)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	4292	3900	1458	1427	863	765
P1 K2	3441	3207	1106	927	569	536
P2 K1	5866	5512	1661	1490	810	787
P2 K2	4233	4066	1395	1326	733	574

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal respectivamente.

VALORES DE LA RELACION FOSFORO / HIERRO

EN MATERIA FOLIAR SECA

PRIMERA EXPERIENCIA (U1)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	69,69	56,29	26,43	24,14	10,37	9,81
P1 K2	52,82	43,20	21,56	19,78	9,33	9,00
P2 K1	82,00	65,45	31,25	28,89	11,96	11,31
P2 K2	66,42	53,64	24,90	23,66	11,48	11,02

SEGUNDA EXPERIENCIA (U2)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	93,95	74,45	29,22	27,81	17,85	16,82
P1 K2	71,25	58,50	27,43	24,70	13,05	12,12
P2 K1	160,80	122,06	37,84	36,31	16,48	14,58
P2 K2	88,00	89,00	30,32	28,09	18,54	15,61

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal respectivamente.

VALORES DE LA RELACION POTASIO / HIERRO

EN MATERIA FOLIAR SECA

PRIMERA EXPERIENCIA (M1)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	640	512	254	236	84	78
P1 K2	558	459	537	221	96	91
P2 K1	713	567	300	275	103	94
P2 K2	649	539	281	259	113	104

SEGUNDA EXPERIENCIA (M2)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	665	567	297	264	205	179
P1 K2	556	491	252	216	126	104
P2 K1	808	726	303	283	140	140
P2 K2	753	757	313	290	186	158

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal respectivamente.

VALORES DE LA RELACION CALCIO / HIERRO

EN MATERIA FOLIAR SECA

PRIMERA EXPERIENCIA (M1)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDEA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	929	777	581	566	237	237
P1 K2	733	628	446	429	204	203
P2 K1	1038	859	655	631	276	268
P2 K2	860	730	529	511	228	224

SEGUNDA EXPERIENCIA (M2)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDEA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	1034	986	530	526	356	336
P1 K2	854	807	452	422	252	242
P2 K1	1311	1268	621	585	303	297
P2 K2	1046	1116	575	578	336	302

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal respectivamente.

VALORES DE LA RELACION MAGNESIO / HIERRO
EN MATERIA FOLJAR SECA

PRIMERA EXPERIENCIA (M1)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y H.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	259	215	84	92	35	34
P1 K2	225	196	71	77	35	36
P2 K1	300	261	95	102	43	45
P2 K2	251	216	66	74	34	47

SEGUNDA EXPERIENCIA (M2)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y H.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	302	297	97	112	78	78
P1 K2	244	269	98	94	58	56
P2 K1	437	431	100	109	47	52
P2 K2	306	357	109	109	55	68

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal respectivamente.

VALORES DE LA RELACION HIERRO / MANGANESO

EN MATERIA FOLIAR SECA

PRIMERA EXPERIENCIA (M1)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	3,82	3,84	3,52	3,22	7,12	6,77
P1 K2	3,47	3,37	2,94	3,00	6,06	5,68
P2 K1	3,21	3,32	2,71	2,66	5,49	5,61
P2 K2	4,58	4,09	3,87	3,49	6,97	6,90

SEGUNDA EXPERIENCIA (M2)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	2,01	2,16	2,52	2,33	4,75	4,33
P1 K2	2,04	2,12	2,97	2,70	5,58	5,66
P2 K1	1,96	1,84	2,47	2,22	6,04	5,17
P2 K2	2,52	1,60	2,70	2,51	4,18	4,94

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal respectivamente.

VALORES DE LA RELACION HIERRO / COBRE

EN MATERIA FOLIAR SECA

PRIMERA EXPERIENCIA (N1)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y H ₂ O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	2,94	4,84	7,46	10,33	22,22	32,40
P1 K2	4,01	5,67	9,89	12,72	18,84	31,18
P2 K1	2,72	4,98	6,28	9,57	20,29	20,75
P2 K2	2,64	3,54	8,12	7,76	20,51	28,91

SEGUNDA EXPERIENCIA (N2)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y H ₂ O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	1,72	2,26	6,02	6,23	12,98	15,64
P1 K2	2,72	3,27	7,30	8,31	13,75	18,52
P2 K1	1,36	1,64	4,65	5,29	14,55	19,90
P2 K2	1,77	2,04	5,04	6,19	9,35	14,26

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal respectivamente.

VALORES DE LA RELACION HIERRO / CINC

EN MATERIA FOLIAR SECA

PRIMERA EXPERIENCIA (N1)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	4,13	5,48	3,54	4,34	10,39	11,67
P1 K2	2,68	3,05	3,73	4,53	8,13	10,26
P2 K1	3,00	4,66	2,89	2,86	7,46	8,54
P2 K2	2,88	3,89	5,28	5,19	8,60	9,91

SEGUNDA EXPERIENCIA (N2)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	2,81	3,94	3,30	4,89	4,74	7,32
P1 K2	2,54	2,63	4,62	5,13	5,44	7,14
P2 K1	1,45	1,77	2,75	2,88	5,61	5,73
P2 K2	2,21	2,10	3,21	3,68	5,92	7,04

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal respectivamente.

VALORES DE LA RELACION NITROGENO / FOSFORO
EN MATERIA FOLIAR SECA

PRIMERA EXPERIENCIA (M1)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	53,22	54,37	54,20	56,35	50,54	50,77
P1 K2	60,51	61,55	56,40	57,64	54,95	52,73
P2 K1	51,57	52,58	52,25	62,44	50,04	50,63
P2 K2	53,85	56,01	56,93	57,14	47,24	47,82

SEGUNDA EXPERIENCIA (M2)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	45,52	52,18	49,73	51,11	48,17	45,31
P1 K2	48,12	54,62	40,19	37,38	43,44	44,11
P2 K1	36,34	44,99	43,74	41,00	48,99	53,79
P2 K2	47,92	45,52	45,08	47,04	39,39	36,67

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal respectivamente.

VALORES DE LA RELACION NITROGENO / POTASIO

EN MATERIA FOLIAR SECA

PRIMERA EXPERIENCIA (I)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	5,81	5,98	5,64	5,77	6,19	6,32
P1 K2	5,74	5,80	5,13	5,15	5,33	5,21
P2 K1	5,94	6,08	5,44	5,51	5,80	6,05
P2 K2	5,52	5,58	5,04	5,22	4,67	5,04

SEGUNDA EXPERIENCIA (II)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	6,44	6,86	4,90	5,39	4,20	4,24
P1 K2	6,18	6,52	4,38	4,10	4,50	5,12
P2 K1	5,25	5,58	5,46	5,25	5,75	5,58
P2 K2	5,61	5,36	4,44	4,37	3,91	3,61

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal respectivamente.

VALORES DE LA RELACION POTASIO / FOSFORO

EN MATERIA FOLIAR SECA

PRIMERA EXPERIENCIA (M1)

		sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
		A	B	A	B	A	B
P1	K1	9,21	9,14	9,65	9,81	8,21	8,07
P1	K2	10,60	10,66	11,06	11,24	10,35	10,18
P2	K1	8,73	8,70	9,66	9,57	8,67	8,41
P2	K2	9,80	10,09	11,36	11,00	9,95	9,53

SEGUNDA EXPERIENCIA (M2)

		sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
		A	B	A	B	A	B
P1	K1	7,10	7,64	10,20	9,52	11,52	10,72
P1	K2	7,83	8,42	9,22	9,16	9,69	8,66
P2	K1	5,04	5,97	8,04	7,85	8,56	9,68
P2	K2	8,59	8,53	10,21	10,81	10,11	10,19

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal respectivamente.

VALORES DE LA RELACION NITROGENO / CALCIO
EN MATERIA FOLIAR SECA

PRIMERA EXPERIENCIA (M1)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	4,00	3,95	2,47	2,40	2,21	2,10
P1 K2	4,37	4,26	2,73	2,66	2,52	2,34
P2 K1	4,08	4,02	2,50	2,40	2,22	2,14
P2 K2	4,17	4,12	2,68	2,65	2,38	2,35

SEGUNDA EXPERIENCIA (M2)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	4,14	3,95	2,75	2,71	2,42	2,27
P1 K2	4,02	3,97	2,44	2,19	2,24	2,21
P2 K1	4,47	4,34	2,67	2,54	2,66	2,64
P2 K2	4,04	3,64	2,42	2,29	2,18	1,90

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal respectivamente.

PRIMERA EXPERIENCIA (N1)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	0,075	0,072	0,045	0,042	0,043	0,041
P1 K2	0,072	0,069	0,048	0,046	0,045	0,044
P2 K1	0,079	0,076	0,047	0,045	0,044	0,042
P2 K2	0,077	0,073	0,047	0,046	0,050	0,049

SEGUNDA EXPERIENCIA (N2)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y M.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	0,091	0,075	0,055	0,052	0,050	0,050
P1 K2	0,083	0,072	0,060	0,058	0,051	0,050
P2 K1	0,123	0,096	0,061	0,062	0,054	0,049
P2 K2	0,084	0,080	0,053	0,048	0,055	0,051

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal respectivamente.

VALORES DE LA RELACION POTASIO / CALCIO
EN MATERIA FOLIAR SECA

PRIMERA EXPERIENCIA (N^o 1)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y H.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	0,688	0,699	0,437	0,416	0,357	0,332
P1 K2	0,761	0,733	0,532	0,515	0,471	0,449
P2 K1	0,687	0,660	0,459	0,436	0,382	0,353
P2 K2	0,754	0,738	0,533	0,507	0,498	0,467

SEGUNDA EXPERIENCIA (N^o 2)

	sin aporte de Fe		FeSO ₄ y H.O.		Fe-EDDHA	
	A	B	A	B	A	B
P1 K1	0,642	0,575	0,560	0,501	0,574	0,534
P1 K2	0,650	0,608	0,557	0,534	0,498	0,432
P2 K1	0,616	0,572	0,488	0,484	0,463	0,472
P2 K2	0,720	0,678	0,545	0,523	0,556	0,525

A y B significan los valores correspondientes a la primera y la segunda recolección de material vegetal respectivamente.

4.3.- Estudio estadístico de los resultados

Al igual que en experimentos anteriores los datos los hemos analizado estadísticamente en el Centro de Cálculo Electrónico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Hacemos notar que la extensión del estudio no nos permite presentarlo aquí. Se llevaron a cabo los cálculos correspondientes al análisis de la variancia y la aplicación del criterio de la F en el estudio de significación de los resultados obtenidos.

Como en experimentos anteriores se ha considerado las parcelas principales de época de recolección y bloques, además subparcelas en las que se analizaba el aportador de hierro y la interacción época de recolección-portador, y por último las parcelas de segundo orden en las que consideramos el aporte de fósforo y potasio, su interacción considerando cada uno separadamente y las interacciones época-P K, portador-P K y época-portador-P K.

Del estudio de las F para el caso particular del hierro y con las excepciones que más adelante apuntamos, los valores calculados son netamente superiores a los teóricos correspondientes al mismo número de grados de libertad, y al nivel del 1 %, lo que nos muestra claramente la significación estadística de los resultados obtenidos.

Como en el trabajo anterior, no fueron significativos estadísticamente las interacciones entre la época de recolección y P K y el conjunto de interacciones época-portador-P K.

4.4.- Observaciones y efectos visuales

A lo largo del desarrollo de la experiencia hemos tomado periódicas notas sobre observaciones y efectos que visualmente se manifestaban sobre las plantas.

1.- Aquí, en ésta experiencia, los efectos visuales entre tratamientos condiferentes aportes de hierro han dando más margen de ser diferenciables entre sí; las tendencias a que aludíamos en la experiencia anterior, ahora son más marcadas; no obstante no podemos decir que las diferencian hayan sido netamente marcadas.

2.- En el caso en que no se aportó hierro al suelo, se pudo apreciar el estado más evidente de una tendencia clorótica. En los otros dos casos, ya sea con sulfato de hierro con materia orgánica como con Fe-EDDHA, las condiciones fueron aparentemente normales.

Entre estos dos tratamientos no hubo diferencias marcadas pero sí algunas tendencias que están en correlación con los aportes de fósforo y potasio al suelo, viéndose que en los que correspondían al nivel P1 K2 una normalidad más asentuada que para el P2 K1, en donde pudo apreciarse tonalidades foliares más pálidas y hasta incluso algunos signos intervenales correspondiente a un estado clorótico.

5.- Discusión de los resultados

Seguidamente vamos a efectuar un análisis de los resultados obtenidos y el comentario a que hubiere lugar en cada caso.

Vamos a considerar en primer lugar el contenido de nutrientes en material vegetal y luego las principales relaciones entre ellos.

5.1.- Contenido de nutrientes en material foliar

1.- Hierro:

- Se puede observar que los mayores valores se obtuvieron en el tratamiento con Fe-EDDHA, siendo menores cuando se aplicó sulfato de hierro con materia orgánica y menor aún cuando no se aportó hierro.

Los valores extremos entre los que oscilaron los demás son, para cada caso, los siguientes:

- sin aporte de hierro 30 a 52 ppm
- sulfato de Fe y mat. oca. 78 a 110 ppm
- Fe-EDDHA 126 a 196 ppm

- Analizando los tratamientos con fósforo y potasio, podemos observar que los valores más indicativos de su efecto se ven en el P1 K2 para ambas épocas de recolección.

- Con respecto a las épocas de recolección, la que aportó mayores valores fué la correspondiente a la segunda recolección.

2.- Nitrógeno:

- Este nutriente manifiesta los mayores valores en el caso en que no se aportó hierro al suelo; no se observaron, por otra parte, marcadas diferencias entre los otros dos tratamientos con hierro.

Los valores extremos entre los que oscilaron los demás fueron:

- sin aporte de hierro 3,66 a 4,41 %
- sulfato de Fe y mat. oca. 2,55 a 3,24 %
- Fe-EDDHA 2,17 a 3,12 %
- Con los tratamientos de fósforo y potasio se ha podido observar que incidieron relativamente sobrellos contenidos de nitrógeno en hoja, dando los mayores valores el tratamiento con P2 K1.
- En lo que se refiere a las épocas de recolección, las tendencias, aunque no muy marcadas ya que hay casos de excepción, fueron de que los valores de la época A fueron mayores que los de la época B.

3.- Fósforo:

- Con relación a éste nutriente hemos podido observar

que hay una tendencia marcada a que los valores más altos correspondan al caso en que no se aporta hierro al suelo y va siendo menor para las aplicaciones con sulfato de hierro y materia orgánica y menor aún para el tratamiento con Fe-EDDHA.

Los valores límite entre los que oscilaron los restantes fueron:

- sin aporte de hierro 0,169 a 0,268 ‰
- con sulfato y mat. oca. 0,128 a 0,169 ‰
- con Fe-EDDHA 0,125 a 0,141 ‰
- Pasando a observar los valores obtenidos con los tratamientos con fósforo y potasio, se puede ver que la tendencia a dar los mayores valores corresponde a P2 K1.
- En cuanto a la época de recolección la que ofrece un mayor contenido es la primera (A), salvo alguna excepción.

4.- Potasio:

- Al observar los datos analíticos de éste nutriente vemos que los mayores valores corresponden a la no incorporación de hierro al suelo; algo menores son los valores para los otros dos tratamientos aunque entre ellos las diferencias en general no tan acentuadas, salvo algunas excepciones.

Los valores entre los que oscilaron los demás fueron:

- sin aporte de Fe 1,62 a 1,90 %
- con sulfato de Fe y mat. oca. 1,62 a 1,81 %
- con Fe-EDDHA 1,43 a 1,80 %
- Para los tratamientos con fósforo y potasio no se manifestó una definida tendencia aunque el correspondiente a P2 K1 ha aportado los menores valores salvo alguna excepción.
- Respecto a la época de recolección, la tendencia, con varias excepciones, es que la primera (A) aporta los valores más altos respecto a la segunda (B).

5.- Calcio:

- En el caso de este nutriente los valores que corresponden a los tratamientos con sulfato de hierro y materia orgánica y el de Fe-EDDHA superan al caso en que no se aportó hierro al suelo. Entre aquellos tratamientos no hay marcadas diferencias aunque puede insinuarse unos mayores valores en el caso en que se suministró sulfato de hierro con materia orgánica.
- Los valores entre los que oscilaron los restantes fueron:

- sin aporte de hierro 2,69 a 3,10 %
- con sulfato de Fe y mat. oca. 3,22 a 3,51 %
- con Fe-EDDHA 3,17 a 3,39 %

- Si observamos los valores correspondientes a los tratamientos con fósforo y potasio, es difícil individualizar el que nos aporta los mayores datos. Si hacemos consideraciones particulares para cada tratamiento, ya sea con o sin aporte de hierro, podemos ver que por un lado cuando no se suministra hierro el mayor valor de calcio está dado por el nivel P1 K1, mientras que por otro lado en el caso de suministrar hierro, tanto como sulfato con materia orgánica como Fe-EDDHA, hay tendencia a ser P2 K1. Los menores valores de éste nutriente los da el nivel P2 K2, excepto para FeSO_4 y H.O. que es P1 K1.
- En cuanto a la época de recolección, la segunda (B) supera en valores a la primera (A), salvo alguna excepción.

6.- Magnesio:

- Para éste nutriente los valores correspondientes al caso en que no se suministró hierro al suelo superan a los obtenidos con los tratamientos en los que se suministró hierro, siendo, para estos dos últimos casos, los valores bastante similares.

Citamos los valores límites para cada caso:

- sin aporte de hierro 0,48 a 0,61 ‰
- con sulfato de Fe y mat. org. 0,34 a 0,45 ‰
- con Fe-EDDHA 0,32 a 0,48 ‰

- En general el tratamiento que correspondió al nivel P1 K2 ha tendido a aportar los mayores valores de éste nutriente, salvo alguna excepción.
- En lo que respecta a la época de recolección la B (segunda recolección) manifiesta valores superiores a la A.

7.- Manganeso:

- Haciendo un análisis de los contenidos de éste nutriente en hoja observamos que los valores que tienden a ser mayores son aquellos que corresponden al tratamiento con sulfato de hierro y materia orgánica al suelo. Disminuyen al observar los del tratamiento con Fe-EDDHA y más aún cuando no se aplicó hierro al suelo.

Los valores entre los que oscilaron los del conjunto fueron:

- sin aplicación de hierro 14 a 24 ppm
- con sulfato de Fe y mat. org. 29 a 40 ppm
- con Fe-EDDHA 25 a 34 ppm
- Respecto a los tratamientos con fósforo y potasio, el que manifiesta los valores superiores es el de P1 K2
- Y con relación a las épocas de recolección la segunda (B) aporta los mayores valores.

8.- Cobre:

- En éste nutriente se observa que el contenido en hoja de mayor valor corresponde al caso en que no se aportó hierro al suelo, en relación a los otros dos tratamientos entre los cuales no son tan marcadas las diferencias entre las cifras.

Los límites entre los que se encontraban los restantes valores fueron:

- sin aporte de hierro 18 a 27 ppm
- con sulfato de Fe y mat. org. 15 a 19 ppm
- con Fe-EDDHA 9 a 16 ppm
- Con relación a los efectos que pudieran observarse por los tratamientos con fósforo y potasio, no se pueden observar unas tendencias definidas.
- Por otra parte en lo que respecta a la época de recolección hay una tendencia a que los valores de la primera (A) sean mayores que los de la segunda (B), pero con algunas excepciones,

9.- Cinc:

- Para éste nutriente se pueden insinuar una tendencia de dar valores más altos para el tratamiento con Fe-EDDHA, menores con sulfato de hierro y materia orgánica y menores aún cuando no se aportaba hierro al suelo.

Damos a continuación los valores límites del conjunto:

- sin aporte de hierro 13 a 24 ppm
- con sulfato de Fe y mat. oca. 21 a 34 ppm
- con Fe-EDDHA 22 a 39 ppm
- Respecto a los tratamientos con fósforo y potasio no se manifiesta una marcada tendencia a que uno determinado dé los mayores valores.
- Se puede observar que para las épocas de recolección, la primera (A) es la que da los mayores valores con relación a la segunda (B)

5.2.- Relaciones nutritivas con el hierro y otros elementos

1.- Nitrógeno / Hierro

- Esta relación presenta las fluctuaciones de los valores decrecientes hacia el tratamiento con Fe-EDDHA; ellos son:
 - sin aporte de hierro 3207 a 5866
 - sulfato de Fe con mat. oca. 927 a 1661
 - Fe-EDDHA 536 a 863
- Las tendencias de los niveles de fósforo y de potasio fueron: los valores más altos correspondieron a P2 K1 y los más bajos a P1 K2.
- La época que proporcionó los valores más elevados fué la primera con excepciones que hacen poco consistente la observación; no obstante es la tendencia más sensible...

2.- Fósforo / Hierro

- La tendencia a la disminución hacia el tratamiento con Fe-EDDHA es similar al anterior caso.
 - sin aporte de hierro 58,50 a 160,80
 - sulfato de Fe y mat. oca. 24,70 aa 37,84
 - 2con Fe-EDDHA 12,12 a 18,54
- El tratamiento P2 K1 con algunas excepciones dá los más altos valores. El menor corresponde al nivel P1 K2

- Con relación a la época de recolección, los mayores valores están dados en la primera o sea la A.

3.- Potasio / Hierro

- Se sigue con la misma tendencia que en las relaciones anteriores o sea:
 - sin aporte de hierro 491 a 808
 - sulfato de Fe y mat. oca. 216 a 313
 - con Fe-EDDHA 104 a 205
- Ningún nivel de fósforo y potasio tiene la primacía sobre los demás por lo que no se puede destacar uno de otro en cuanto a los valores de ésta relación.
- En cambio se define la primera época de recolección como la que dió los valores mayores y más significativos.

4.- Calcio / Hierro

- Igual que en los casos anteriores observamos que:
 - sin aporte de hierro 807 a 1311
 - sulfato de Fe y mat. oca. 422 a 621
 - como Fe-EDDHA 242 a 356
- El nivel P2 K1 es el que dá el mayor valor con alguna excepción.
- La época A supera a los valores aportados por la B.

5.- Magnesio / Hierro

- Esta relación se comportó como todas las anteriores

- sin aporte de hierro 269 a 437
- como sulfato de Fe y mat. oca. 94 a 112
- como Fe-EDDHA 47 a 78
- Aquí no es tan marcadamente diferenciable la tendencia de los niveles de fósforo y potasio a asumir en particular el mayor valor; solo observamos la tendencia al mayor valor del nivel P2 K1 y del menor valor del nivel P1 K2.
- En cuanto a la época de recolección no hay definición sobre la que aporta el mayor valor.

6.-- Hierro / Manganese

- Se invierte en esta relación el sentido de las variaciones o sea que, al contrario de las vistas hasta ahora, hay disminución en el caso en que no se aportó hierro al suelo.
- sin aporte de hierro 1,60 a 2,52
- sulfato de Fe y mat. oca. 2,22 a 2,97
- con Fe-EDDHA 4,18 a 5,66
- En esta relación no encontramos definición sobre qué nivel de fósforo y potasio ha causado el efecto más apropiado.
- Igualmente podemos decir de la época de recolección; ninguna nos da valores destacados

7.- Hierro / Cobre

- Los valores de esta relación según los tratamientos fueron
 - sin aporte de hierro 1,36 a 2,72
 - sulfato de Fe y mat. oca. 4,65 a 8,31
 - Fe-EDDHA 9,35 a 19,90
- En general no hay una tendencia definida en cuanto a los niveles de fósforo y potasio pero se insinúa el de P1 K2 como el que aporta los valores más significativos con algunas excepciones.
- La segunda recolección (B) es la que aporta la información con datos más elevados para ésta relación

8.- Hierro / Cinc

- La interacción de estos dos nutrientes nos aporta los siguientes datos:
 - sin aporte de hierro 1,44 a 3,94
 - sulfato de Fe y mat. oca. 2,75 a 5,13
 - Fe-EDDHA 4,74 a 7,32
- Aquí se puede apreciar una tendencia a que el nivel P1 K2 de fósforo y potasio aporte los valores más elevados, tendencia que tiene sus excepciones.
- Respecto a las épocas de recolección, la segunda (B) es la que suministró los datos más significativos.

9.- Nitrógeno / Fósforo

- Esta relación no nos ha aportado mayor información pero igualmente indicamos sus valores.
 - sin aporte de hierro 36,34 a 54,62
 - sulfato de Fe y mat. oca. 37,38 a 51,11
 - con Fe-EDDHA 36,67 a 48,99
- El nivel P1 K2 se insinúa como el que puede darnos los mayores valores y el P2 K1 los menores.
- No hemos hallado significativas las diferencias de datos entre una época y otra en lo que respecta a los valores de las relaciones.

10.- Nitrógeno / Potasio

- Igualmente esta relación poco nos dice sobre la interacción de estos nutrientes.
 - sin aporte de hierro 5,25 a 6,86
 - sulfato de Fe y mat. oca. 4,10 a 5,46
 - con Fe-EDDHA 3,61 a 5,65
- Los valores que nos aportan cada uno de los niveles no indican grandes diferencias entre ellos;
- Las épocas de recolección tampoco se definen en los valores y ninguna se destaca sobre la otra.

11.- Potasio / Fósforo

- Los valores aportados por esta relación oscilaron con

estrecho margen entre los tratamientos.

- sin aporte de hierro 5,04 a 6,59
- sulfato de Fe y mat. oca. 7,85 a 10,21
- Fe-EDDHA 8,56 a 11,52

- Es difícil establecer cual es el nivel que suministra los datos más significativos.

Hay una tendencia a que P2 K1 dé los menores valores.

- Con relación a las épocas de recolección no hay definición respecto a cual de ellas nos proporciona los valores más significativos.

Si bien en el experimento anterior hemos estudiado valores de la inversa de ésta relación, aquí no lo haremos visto que el comportamiento de la misma no suministra información de importancia al objetivo del trabajo.

12.- Nitrógeno/Calcio

- Aquí también los márgenes entre los que oscilan los valores de los tratamientos son reducidos.

Los valores hallados son los siguientes.

- sin aporte de hierro 3,95 a 4,47
- sulfato de Fe y mat. oca. 2,19 a 2,75
- con Fe-EDDHA 1,90 a 2,66
- No podemos definir que nivel de fósforo y potasio aportó los mayores valores en todos los tratamientos.
- Lo que sí hemos encontrado es que definitivamente la primera época aporta los mayores valores (A).

13.- Fósforo / Calcio

- Los límites entre los que oscilan los valores de ésta relación no son muy amplios.
- sin aporte de hierro 0,072 a 0,123
- sulfato de Fe y mat. oca. 0,048 a 0,062
- Fe-EDDHA 0,049 a 0,055
- Con algunas excepciones se insinúa el nivel P2 K1 como el que aporta los mayores valores
- La primera época de recolección da los valores más significativos.
- Hemos estudiado los valores de la relación inversa o sea Calcio / Fósforo.
- sin aporte de hierro 8,12 a 13,75
- sulfato de Fe y mat. oca. 16,09 a 20,52
- Fe-EDDHA 18,06 a 20,34

- No hay un nivel que se defina como el que da los mayores valores, pero sí podemos ver que el que corresponde a P2 K1 aporta los menores.
- Está bien definido que el mayor valor, en éste caso, lo da la segunda época de recolección (B).

14.- Potasio / Calcio

- Esta relación nos ha proporcionado los siguientes valores según los tratamientos
 - sin aporte de hierro 0,572 a 0,720
 - sulfato de Fe y mat. oca. 0,484 a 0,560
 - Fe-EDDHA 0,432 a 0,574
- El nivel que aporta los mayores valores es el P1 K2 y el que da los menores el P2 K1
- Respecto a la época de recolección, la primera (A) da los valores más significativos, con algunas excepciones.

5.3.- Discusión General

En este segundo experimento lo más interesante es comprobar el efecto residual del tratamiento de materia orgánica con sulfato de hierro del primer año. En cambio la aplicación del quelato del primer año baja sensiblemente aunque siempre se conserva por encima del anterior y con valores superiores a los normales de hierro en hoja.

Esto pone de manifiesto que aquel tratamiento en que se mezclan la materia orgánica y el sulfato de hierro si se aplica adecuadamente al suelo resulta un medio apropiado para la corrección de la deficiencia de hierro y por otra parte hay que destacar ante el quelato la ventaja económica que representa.

Si bien el quelato en éste segundo ciclo siguió manteniendo altos niveles en hoja, es probable que en una experiencia a campo no hubiese visto este efecto ya que es conocida la periodicidad con que hay que aplicar estos compuestos. O sea que lo que interesa es no solo el que se logren niveles ya no altos (en exceso), sino adecuados de hierro en hoja, y que el compuesto utilizado mantenga su efecto lo más posible sobre el cultivo para evitar periódicas aplicaciones y que dan como resultado mayores costos en el manejo del cultivo. La razón de los resultados tan contradictorios de la bibliografía y sobre todo de la práctica corriente, debe ser atri-

En este caso debemos remitirnos a la relación calcio/hierro y a su estudio comparativo entre ambos ciclos y a las observaciones hechas sobre éste nutriente en el experimento M-1 para no reiterarlas aquí.

Un comportamiento similar al calcio en las fluctuaciones de los valores se puede ver para el magnesio, aunque en general, en todos los casos, se manifiesta un aumento sea cual fuere el tratamiento solo alguna rara excepción. Se ve aquí claramente el antagonismo calcio-magnesio.

El manganeso mantuvo en general su comportamiento; experimentó un aumento en el caso de aportar hierro como sulfato con materia orgánica y cuando no se aportó; no sucedió así en el caso del quelato.

El cobre elevó sus valores en todos los casos, pero en particular cuando no se aportó hierro, aumentándose nuestro criterio en los conceptos que indicábamos en el experimento M-1 sobre las posibles causas de éste comportamiento que a nuestro entender está relacionado con los procesos de complejamiento en el suelo.

El cinc ha manifestado aumentar en éste ciclo y mantenemos nuestro parecer sobre el comportamiento de éste nutriente y las relaciones antagónicas con el fósforo.

Las épocas de recolección han mantenido los valores esperados y el comportamiento está de acuerdo con las explicaciones fisiológicas.

buida a la forma en que se aplica. La mezcla obtenida del tratamiento de materia orgánica con el sulfato de hierro y los riegos controlados han sido decisivos en los excelentes resultados obtenidos. Creemos que el haber arribado a este punto bien vale todo el trabajo realizado, pues es de una gran importancia práctica.

Se observa que se mantiene el efecto favorable de la dosis más alta de potasio y el desfavorable del fósforo que en este segundo año es más acusado. Por ello la conveniencia de una fertilización más elevada en potasio que en fósforo.

El comportamiento del nitrógeno en general es similar al del experimento M-1 aunque en este segundo ciclo es mayor; hay que tener en cuenta el aumento del porte de los árboles de un año a otro.

Igual consideración podemos hacer con relación al fósforo que en general se comporta de manera similar al experimento M-1, aunque aquí los valores en éste segundo año se presentan disminuidos con relación al segundo. Las explicaciones que diésemos en el primer experimento son válidas aquí.

Como era de esperar el potasio, si bien ha elevado sus valores en éste segundo ciclo, no alteró la relación de aumento conforme los distintos aportes de hierro o sin aporte de éste nutriente. Lo que nos parece más importante son los valores de la relación potasio/hierro que veremos más adelante.

Los valores de calcio se ven incrementados con relación al M-1 para el caso en que no se aportó hierro al suelo; en los otros dos casos disminuyó, aunque los valores aumentan al elevarse el suministro de hierro que se hizo al suelo en el primer ciclo.

Las interacciones muestran claramente qué interacciones se mantienen entre los nutrientes. Hemos creído interesante presentar al mismo tiempo las relaciones de los dos experimentos para que comprativamente se puedan observar. Con el fin de no extender esta discusión más allá de los que puede resultar de interés al objetivo en sí del trabajo, el comentario de las relaciones será sumario y en general pueden extenderse aquí, en la mayoría de los casos, los conceptos vertidos en la discusión general del experimento M-1.

En éste segundo ciclo se mantienen los valores de la relación nitrógeno/hierro para el tratamiento de materia orgánica y sulfato de hierro y aumenta en los otros dos casos, correspondiendo esto al hecho de que el hierro disminuye del primero al segundo ciclo en el caso del Fe-EDDHA y el nitrógeno aumenta del primero al segundo ciclo en el caso que no se aportó hierro al suelo.

La relación fósforo/hierro refleja los aumentos que experimentó el hierro y las disminuciones del fósforo, aunque prevalece, no obstante, el efecto del segundo .

Si bien hay un aumento en este segundo año de la relación potasio-hierro, diremos que son solo tendencias generalizadas ya que las diferencias no son substanciales y ello refleja el comportamiento que aisladamente tienen el potasio y el hierro para éste ciclo.

Para la relación calcio/hierro solo se expresa el aumento, salvo excepciones, que surge de las fluctuaciones de uno y otro nutriente y que quedan reflejadas en los valores de éste segundo ciclo. La interpretación de la relación es mucho más indicativa que la de los nutrientes aisladamente. Remitimos a la discusión hecha para el experimento M-1.

A la relación magnesio/hierro igualmente debemos remitirnos a lo expuesto en la experiencia M-1 con el fin de no reiterar conceptos. Al parecer el aumento del magnesio en éste segundo ciclo prevalece sobre el aumento del hierro por los elevados valores que se pueden ver en la relación.

Es de hacer notar para la relación hierro/manganeso que si bien el manganeso aumenta en el segundo ciclo, el comportamiento del hierro incide directamente sobre esta relación dado que la misma disminuye en éste experimento.

Para las relaciones hierro/cobre y hierro/cinc, lo mismo podemos decir.

La relación nitrógeno/fósforo en éste segundo año acusa valores dispares y al parecer están influenciados por los tenores de fósforo aportados al suelo; para valores bajos de éste (P_1) tiende a darse mayores valores de la relación. En efecto del fósforo prevalece sobre el del nitrógeno, a pesar de que éste aumenta en el segundo año, la relación disminuye. En general no hay un comportamiento definido.

Para la relación nitrógeno/potasio, si bien hay como es lógico un aumento, nada concluyente aporta la misma y tiene un comportamiento similar que en experimento M-1.

La relación potasio/fósforo presenta los valores más altos para los casos de aporte de hierro. Las observaciones que hemos hecho en el experimento M-1, las hacemos válidas aquí y no las repetimos. Este mismo decimos para las relaciones nitrógeno/calcio y fósforo/calcio, salvo que aquí se notan los lógicos aumentos del segundo ciclo.

Por último, para la relación potasio/calcio, vemos que disminuye para el caso en que no recibió aporte de hierro y aumentó para los otros dos casos; aquí debemos observar las fluctuaciones de cada nutriente, y remitimos a las consideraciones que hicimos en el experimento M-1

6.- Conclusiones

Aquí reiteramos lo que decíamos en el mismo apartado de la anterior experiencia. Entendemos que las experiencias están tan relacionadas entre sí que ceemos conveniente exponer las conclusiones en conjunto al final del presente plan de experimentos. Con ello entendemos dar mayor unidad y evitar reiteraciones.

- Comentario y Consideraciones Generales Experiencia M-1 y M-2

1.- Sobre el contenido de nutrientes según la época de recolección de la muestra, y distintos tratamientos

1.1.- Hierro

Respecto a éste nutriente, observando su comportamiento en ambas experiencias en las épocas de recolección, podemos deducir que:

- como era de esperar, las hojas de plantas cuyos suelos fueron tratados con alguna de las sales de hierro presentaron valores superiores al caso en que no se aportó este bioelemento. Lo interesante es que comprobar que en la experiencia M-2, mientras que el tratamiento con Fe-EDDHA denotaba una disminución respecto a igual tratamiento de M-1 (año anterior a M-2), en el caso en que se aplicó el hierro como sulfato con materia orgánica, este elemento nutritivo mantenía sus valores e incluso insinuaba una elevación de los mismos en hoja; por su parte en el caso en que no suministró hierro al suelo se apreciaba una tendencia, aunque no marcada, a disminuir o a lo sumo a mantener su valor respecto a la experiencia M-1.

Esto nos lleva a pensar sobre una posible acción entre la materia orgánica que acompañaba al sulfato de hierro

en el tratamiento correspondiente, mientras que en el caso de incorporar el Fe-EDDHA al suelo, si bien éste nos ha suministrado altos niveles en hoja tanto en la experiencia M-1 como en la M-2, en ésta última se ve marcadamente una disminución en el contenido en hoja lo que hace pensar que puede mantenerse esa tendencia a través del tiempo por lo que hace necesario reiteradas aplicaciones, indicación ésta, ya por otra parte bien conocida y que por alto costo del producto hace de por sí también costoso el tratamiento. Por otra parte los valores del contenido de hierro en hoja, alcanzados con el tratamiento de sulfato y materia orgánica, se elevaron a niveles muy adecuados a los normales como para un desarrollo y evolución fisiológica conveniente; o sea que es innecesario el pretender lograr elevados tenores de éste nutriente en hoja en primer lugar porque con menores hemos comprobado un efectivo desarrollo y en segundo lugar porque puede llegarse a situaciones de anormalidad fisiológica por alteración de las relaciones con otros nutrientes tal como puede verse con el manganeso ya que la relación Fe/Mn sobrepasa los límites dentro de los cuales no se presenta sintomatología de anormalidad. Todo lo expuesto está íntimamente ligado, en nuestro caso, con los distintos niveles de fósforo y potasio aportados al suelo. En el caso del hierro se pudo com-

probar que el tratamiento P1 K2 fué el que presentó más efectividad en la respuesta; basta para ello remitirse a los resultados obtenidos tanto en el experimento M-1 como en la M-2. Lo interesante de destacar aquí es que aquel nivel proporcionó los valores más altos de hierro en hoja con diferencias significativas para los otros tratamientos que aportaron inferiores valores. Ya al hacer en particular las consideraciones correspondientes a éstos tratamientos, veremos cómo, para todos los nutrientes, se comportan los elementos aportados, fósforo y potasio; pero para el caso concreto del hierro, en todos los tratamientos, sin hierro o aportando hierro al suelo (como sulfato con materia orgánica o como Fe-EDDHA), el nivel P1 K2 manifestó los más altos valores de aquel nutriente.

Como se ha comprobado, los niveles de hierro en ambos experiencias se ven incrementados a lo largo del ciclo, conforme lo podemos observar al considerar los resultados obtenidos en la primera y la segunda recolección.

En general en cualquiera de los tres tratamientos sin y con hierro aportados al suelo y para los distintos niveles de fósforo y potasio, hemos comprobado que los niveles de hierro de la segunda recolección superan a los de la primera, por mayor desarrollo radicular de los plantones de melocotonero.

En el caso en que nó se aportó hierro al suelo, los valores en hoja de éste nutriente fueron menores que en los casos en que se suministró este elemento al suelo; y además, en ese caso se ha podido comprobar que valores en hoja experimentaban un aumento en la época B (segunda recolección) con relación a la época A (primera recolección), si bien visualmente las plantas denotaban una tendencia propia de un estado que se insinuaba como clorótico.

Ello nos lleva a pensar que es muy posible que en ese estado, si bien el hierro mantiene niveles bajos en hoja, la absorción de éste nutriente a ese órgano no se ve impedida; por ello el aumento, si bien reducido, entre las dos épocas de recolección. Pero por otra parte debemos admitir que, si bien se experimenta un ascenso en ese aspecto, el estado clorótico es propio de un bloqueo en la función fisiológica del hierro y los distintos sistemas metabólicos disminuyendo la participación de aquel en los mismos. Esta situación lleva a que no se vean satisfechas las demandas de éste nutriente en los distintos momentos de la floración y fructificación y sea ese el motivo de que estos procesos se vean limitados, cuando nó disminuidos o anulados, en casos de disponibilidades muy bajas de aquel nutriente en estos procesos vegetativos.

En los otros tratamientos con aporte de hierro al suelo hemos podido comprobar que los niveles en hoja del nutriente son adecuados como para satisfacer las demandas de los procesos vegetativos del vegetal; si bien se manifiesta una normal absorción del nutriente a nivel de hoja, también es normal su disponibilidad para las necesidades metabólicas de la planta, caso que no era así cuando nos referíamos a plantas con marcada tendencia a la clorosis.

Tanto para la primera recolección como para la segunda, el nivel de fósforo y potasio P1 K2 supera a los niveles de los otros tratamientos con dichos macronutrientes, en cuanto a presentar contenidos más altos de hierro en las hojas.

1.2.- Nitrógeno.

El aumento que comprobamos a nivel foliar de hierro, provoca, en todos los tratamientos, un descenso del nitrógeno muy probablemente por efectos estimulantes sobre su migración, y aparente disminución de sus necesidades.

Cuando se está en presencia de una tendencia hacia la clorosis, se manifiesta una reducción de la actividad fisiológica de la planta por lo que vemos una acumulación de éste nutriente en la hoja. En el momento en que se tiende a la normalidad la actividad se ve incrementada y los requerimientos de nitrógeno para los procesos vegetativos también. Podemos vislumbrar así, la razón por la cual el contenido de nitrógeno va en disminución conforme aumenta el contenido de hierro foliar, desde el caso de claros niveles deficitarios hasta el de encontrar valores normales para un desarrollo satisfactorio de la planta.

Por otra parte es posible atribuir al nitrógeno la función de indicador de una apropiada respuesta al aporte de hierro al suelo.

Respecto a los tratamientos con fósforo y potasio, en una experiencia es el nivel P1 K1 y en la otra el P2 K1 los que denotan valores inferiores y superiores respectivamente. En general estos tratamientos, para éste nutriente no han tenido una definida tendencia.

Con relación a las épocas de recolección, es evidente que deba observarse una disminución a lo largo del ciclo debido a las demandas que de éste elemento son necesarias para los procesos vegetativos de la planta.

1.3.- Fósforo

Este nutriente junto con el hierro juega un papel importante en los procesos de fotosíntesis y respiración vegetal.

Según los resultados obtenidos se presenta una disminución en el contenido de éste nutriente a lo largo del ciclo, lo que se puede deber a la demanda que del mismo hay para satisfacer las necesidades cada vez más crecientes en los procesos de floración y cuajado del fruto.

Podemos inducir que la situación es muy similar a la del nitrógeno, o sea que ante una demanda de fósforo por parte de la actividad de la planta en situaciones de normalidad fisiológica, se intensifica la migración de éste elemento nutriente hacia los centros de consumo, floración, fructificación, nuevos brotes, etc. Las disminuciones de éste nutriente son propias de las necesidades fisiológicas de una planta normal y no producto de alguna interacción con el hierro.

Se insinúa el tratamiento P2 K1 en ambas experimentos como

el que ha suministrado mayores valores y una mejor respuesta.

1.4.- Potasio

Hemos podido observar mayores niveles de potasio en los estados deficientes en Fe debido probablemente a un bloqueo de la corriente migratoria de éste nutriente.

Es así que, cuando se restableció el nivel de hierro con los aportes de éste al suelo, se ha manifestado una reactivación de las funciones propias de la planta por lo que se observó una disminución del potasio en la hoja.

Para los niveles de fósforo y de potasio aplicados no podemos afirmar que alguno de ellos hayase destacado por su efectiva respuesta; Con relación a las épocas de recolección, más arriba se puede hallar una explicación a la disminución que se puede observar a lo largo del ciclo.

1.5.- Calcio

Este nutriente tiene una participación en la constitución de la lámina media de la pared celular en la que interviene como pectato por lo que puede ser considerado como acumulativo en la hoja (98).

Las plantas con bajo contenido en hierro dieron bajas concentraciones de éste nutriente con relación a las que aportaron mayores niveles de aquel nutriente.

Puede ser éste el motivo, teniendo en cuenta su presencia en la pared celular, de las desfoliaciones de las plantas ferodeficitarias como sucedió en algún caso de la experiencia M-2.

Cabe agregar la destacada relación entre el hierro y el calcio y la influencia que el primero tiene sobre el segundo. Esta influencia se pone de manifiesto cuando en árboles con niveles deficientes de hierro se encuentran bajos contenidos de calcio mientras que se desarrollan sobre suelos ricos en éste nutriente.

Con respecto a éste nutriente también nos es difícil indicar cual fué el nivel de fósforo y potasio que dió mayor efectividad.

Con respecto a la época de recolección, en éste aspecto también se manifiesta una clara relación con el hierro ya que igualmente aumenta a lo largo del ciclo.

1.6.- Magnesio

Si bien éste nutriente forma parte de la molécula de Clorofila, lo hace en una pequeña proporción, por lo cual es posible hallar situaciones en que su contenido sea superior en estados deficientes en Fe (21).

Los valores de éste nutriente aumentan a lo largo del ciclo correspondiendo a las necesidades propias de la actividad vegetativa.

Los valores que se obtienen de este nutriente en árboles con bajo contenido y con alto contenido oscilan en márgenes muy estrechos.

Se repite aquí lo que hemos comprobado en otros nutrientes y es la poca definición respecto a la eficacia de un determinado nivel de fósforo y potasio, si bien en el objetivo del trabajo no incluíamos el lograr resultados definitivos en otro nutriente que no sea el hierro.

1.7.- Manganeso

Nosotros no hemos observado efectos visuales propios de la deficiencia de manganeso, si bien los valores en hoja, en el caso en que no se aportó hierro al suelo, son marcadamente inferiores de los que corresponden a hojas de plantas cuyos suelos fueron tratados con sales de hierro.

El nivel P1 K2 de fósforo y potasio evidenció ser el que mayores valores aportó,

Y conforme a las tendencias, similares a las del hierro, que se pudieron ver a lo largo del ciclo, se comprobó que sus valores se fueron incrementando.

1.8.- Cobre

Según Brown (9) los altos niveles de fósforo, calcio y de cobre pueden llegar a producir efectos cloróticos

Nosotros no hemos comprobado ningún efecto propio de su deficiencia, pero podemos inferir una interrelación ya que se observó que los niveles de cobre en hojas de plantas desarrolladas en suelos no tratadas con sales de hierro, es superior, tanto en la experimento M-1 como M-2, a los valores de éste nutriente. O sea inversamente a lo que sucede con el hierro.

Hay varias citas (10), (9), (11), que indican la influencia del cobre en la translocación del hierro. Es posible ver cómo éste bioelemento va decreciendo en sus contenidos en hoja a través del ciclo vegetativo.

1.9.- Cinc.

Igualmente podemos decir para el cinc respecto a la ausencia de efectos visuales en las plantas referentes a sus estados de deficiencia.

Lo que aquí cabe observar es el hecho de que hay una relación directa con respecto al hierro en el contenido en hojas de plantas con niveles deficitarios de éste nutriente y niveles normales o altos.

Por otro lado los mayores valores de éste nutriente se encuentran en las hojas provenientes de la primera recolección.

2.- Sobre las relaciones nutritivas más destacadas

Aquí simplemente vamos hacer algunas consideraciones sobre algunas de relaciones nutritivas cuyos valores nos han aportado alguna significación, por lo tanto no entraremos en comentar todas las relaciones que nosotros presentamos. Hay sin duda algunas importantes y otras con datos interesantes y sobre ellas nos detendremos.

2.1.- Nitrógeno / Hierro

Citamos esta relación por las diferencias marcadas que se observaron en los valores hallados en los tratamientos con y sin hierro al suelo. Diferencias que están de acuerdo con el comportamiento de ambos nutrientes en esas situaciones. Por otra parte el nivel P2 K1 fué el que más se destacó respecto a los valores aportados.

2.2.- Fósforo / Hierro

La relación da mayores valores en los árboles con bajo contenido de hierro en hoja. Las diferencias entre los tratamientos es también motivo para destacar. Esto concuerda con lo indicado con otros autores (99), (4), que destacan los altos valores de la relación en hojas de árboles cloróticos. El tratamiento con P2 K1 es el que da los mayores valores de la relación.

Hemos hallado lógico el hecho de que los valores de la

primera recolección suministren los mayores niveles, dado el comportamiento que se observó de éstos nutrientes en esos dos períodos. Hay coincidencia con otros autores (46)

2.3.- Potasio / Hierro

Citamos esta relación por las diferencias que se observan en cada uno de los tratamientos y que son de destacar.

Nuevamente la primera época de recolección, conforme a los comportamientos esperados, suministró los mayores valores de la relación tanto en la experiencia M-1 como M-2.

2.4.- Calcio / Hierro

Aquí se repite la misma orientación que en los anteriores macronutrientes, también marcadamente. El nivel P2 K1 suministró los mayores valores al igual que la primera época de recolección.

2.5.- Magnesio / Hierro

Destacamos aquí las diferencias observadas entre las relaciones de las plantas de suelos sin aporte de hierro que fueron mucho más elevadas que las de las plantas desarrolladas en suelos a los que se le aportó hierro.

Se repite el positivo efecto del nivel P2 K1 pero no se verifica ningún valor significativo para las distintas épocas de recolección.

2.6.- Hierro / Manganeso

Hay que destacar aquí una marcada influencia del hierro en los resultados de esta relación. Con relación a los experimentos hemos observado que hay una tendencia a que los valores en el segundo año (II-2) se mantengan casi iguales para el caso en que aportó hierro al suelo y tendieron a disminuir en los otros dos.

En esta relación no se manifestó una marcada influencia de los niveles de fósforo y potasio aplicados ni de la época de recolección.

2.7.- Hierro / Cobre

En esta relación solo podemos destacar una disminución de sus valores de un año para otro o sea que los valores de II-2 son inferiores a los de la experiencia II-1.

Los valores mayores tiende a darlos P1 K2 y la segunda época de recolección.

2.8.- Hierro / Zinc

Esta relación no nos ha aportado significativas definiciones ya que los valores oscilaban en límites estrechos.

Hay una leve tendencia a que P1 K2 de los mayores valores y que la segunda época de recolección sea la más alta en cuanto a los valores que suministra.

2.9.- Nitrógeno / Fósforo

Esta relación ofrece poco margen de variación para sus datos por lo que no representa, en nuestro caso y condiciones experimentales, una gran utilidad.

Poca definición han aportado a la relación los niveles de fósforo y potasio aportados al suelo, salvo una tendencia de P1 K2 de dar valores altos. Al igual podemos afirmar de las épocas de recolección.

2.10.- Nitrógeno / Potasio

Esta relación es motivo para un comentario similar al de la anterior. No hay definidos niveles de fósforo y potasio como para que suministren los mayores valores y lo mismo sucede con las épocas de recolección.

2.11.- Potasio / Fósforo

Aquí hacemos válido lo expresado anteriormente en la relación N / K .

2.12.- Nitrógeno / Calcio

Esta relación nos presenta valores con escaso margen de oscilación y frente a ella hay otras mucho más definitivas. No hay una marcada acción de los niveles de P y K y respecto a la época, la primera (A), nos dió valores más elevados.

2.13.- Fósforo / Calcio

Los valores de esta relación no oscilan con la suficiente amplitud e incluso hay puntos de contacto que hacen aún más indefinida la relación.

En todos los casos se ve la tendencia de que la época A de los mayores valores.

En cuanto a los niveles de P y K, tampoco hemos comprobado que alguno asuma los valores de manera definida, ya sean los superiores como los inferiores.

2.14.- Potasio / Calcio

Son interesantes los resultados de ésta relación

Mientras que en el caso en que no se aportó hierro al suelo los valores de M-2 disminuyeron con relación a la experiencia M-1, en los otros dos casos en que se aportó hierro al suelo esta relación aumenta.

Esto nos indica una clara influencia de la relación en el desarrollo de la clorosis férrica y está de acuerdo con varios autores (111), (103)

Según Hernando . (78) el potasio influye sobre el calcio y evita la acción insolubilizante de éste sobre el hierro y por lo tanto la clorosis por exceso de calcio.

Las relaciones K / Ca fueron mayores en hojas de plantas deficientes en K y concuerda con varios autores (99)

De Kock (46) indica que el pH y el contenido de calcio

están asociados con la indisponibilidad del hierro;
Mc George (111) destaca que un suministro de calcio
elevado al vegetal por el suelo, hace que se acumule en
la raíz entrando en competencia con el potasio y por
otra parte contribuyendo a la clorosis ferrica inducida por
inactivación de éste elemento.

3.3.- Experimento S-1

" Efectos de distintos niveles de hierro, aportados por diversas sustancias, y de diferentes tratamientos con fósforo y potasio, sobre el desarrollo del cultivo de soja (Glicine Max)."

Con todo lo desarrollado hasta aquí creemos que hemos logrado suficiente material y resultados como para que el conjunto satisficiera los objetivos propuestos, sin embargo quisimos llegar más al conocimiento del problema desde el punto de vista teórico y más aún de un práctico de futuro ya que la disponibilidad de materia orgánica es cada vez más pequeña y su valor más grande, así como su manejo. Hemos querido, en consecuencia, dar un aporte concluyente sobre la importancia de las sustancias húmicas extraídas de la materia orgánica.

Estudiados y confrontados los resultados de los experimentos anteriores M-1 y M-2, nos pareció interesante continuar con nuestra investigación para llegar a aclarar hasta qué punto la materia orgánica tratada con sulfato de hierro ejerce una directa influencia sobre el desarrollo vegetal.

Nos animó a ello los excelentes resultados obtenidos anteriormente al aplicar aquella mezcla en cultivos de melocotoneros. Era evidente que había un factor, un componente que tuviera una acción más definida sobre la absorción de hierro. Es por ello que planteamos las experiencias siguientes utilizando la sustancia húmica extraída de aquella materia orgánica (Fe-SH), frente al quelato de hierro (Fe-EDDHA), al complejo orgánico de origen natural (Fe-PF) y la sal de hierro (Fe Cl₃). Hemos utilizado cloruro férrico para

tener una sal inorgánica comparativa frente a los compuestos restantes.

Nuestra suposición era que la positiva acción de la materia orgánica y el sulfato de hierro de los experimentos anteriores podría buscarse en un efecto causado por la sustancia húmica extraída (Fe-SH).

Esta experiencia se llevó a cabo en solución nutritiva por ser un medio más controlable y se utilizó, luego de experimentos con otros cultivos, la soja (Glicine Max) por presentar una adecuada extensión de su ciclo, una sensible reacción a la deficiencia de hierro y además para que nuestra tarea llegara a representar en cierta medida una contribución al estudio de este cultivo de interesantes perspectivas por su diversidad de aplicaciones y usos. El hecho de realizar el experimento en medio de solución nutritiva con soja, no hace restar en absoluto la importancia a los resultados. El efecto que queríamos comprobar es solo una matización, una mayor profundidad en el conocimiento del efecto que la materia orgánica y el sulfato de hierro juntos han ejercido sobre el hierro, facilitando su absorción por la planta, como lo comprobamos en experimentos anteriores. Aquí, al igual que en aquellos, empleamos los tratamientos de fósforo y potasio con el fin de ver la acción de estos dos nutrientes que en los anteriores experimentos fué bien marcada.

Finalmente debemos nuevamente indicar que al llevarse a cabo nuestras tareas dentro del Convenio entre el Consejo de Investigaciones de España y la Argentina, tuvimos que afrontar las limitaciones de tiempo propios del mismo y que, para una experimentación agrícola en que las reiteraciones de los experimentos son los mejores medios de arribar a resultados decididamente concluyentes, nos ha exigido hacer un cuidadoso planteamiento y desarrollo dentro de los márgenes permitidos.

3.3.- Experimento S-1

1.- Características del cultivo

1.1.- Cultivo y variedad

1.2.- Selección de semillas y tratamientos previos

1.3.- Germinación

2.- Desarrollo del experimento

2.1.- Tratamientos previstos y sustancias empleadas

2.1.1.- Sal de hierro

2.1.2.- Quelato de hierro

2.1.3.- Complejo orgánico de origen natural

2.1.4.- Sustancias húmicas - Procedimiento de obtención

2.1.5.- Fósforo y Potasio

2.2.- Preparación de la experiencia y condiciones del cultivo

2.2.1.- Solución nutritiva (SN)

2.2.2.- Tiestos, plantas y repeticiones

2.2.3.- Invernadero y condiciones ambientales

2.2.4.- Renovación de la SN, aireación y controles

2.3.- Recolección, preparación y tratamiento del material

a analizar

2.4.- Análisis del material vegetal

3.- Resultados obtenidos

3.1.- Material foliar

3.1.1.- Observaciones y efectos visuales

3.1.2.- Rendimiento: Desarrollo en altura

Peso fresco y Peso seco

3.1.3.- Contenido de nutrientes en material foliar

3.1.4.- Relaciones nutritivas entre los elementos
determinados

4.- Discusión de los resultados

5.- Conclusiones

1.- Características del cultivo

1.1.- Cultivo y variedad

El cultivo con que hemos realizado esta experiencia, la soja, haba soja o glicine max, pertenece a la familia de las leguminosas con un ciclo vegetativo que oscila entre los tres meses y los siete meses y cuya altura puede variar entre los 50 y 150 cms.

Su flor se establece en las axilas de las hojas y son de color púrpura o blanco.

El fruto se encuentra representado por una vaina con un número variable de semillas similares al guisante y de un color tendiente al amarillo.

A excepción de las flores, su superficie se halla cubierta por pelos agrisados.

Esta especie ha llegado a tener un lugar privilegiado en determinadas áreas de cultivo, no solo por su importancia en las industrias extractoras de aceite, en las que en muchos países lleva primacía, sino que también por su destacado papel como alimento de ganado y alimentación humana. En éste último aspecto su uso en países de oriente, por su riqueza protéica, se ha difundido notablemente, siendo conocida ésta planta desde hace siglos.

Su significado económico está bien definido y por ello nos ha resultado de interés su empleo en éstas experiencias.

Por otra parte es una especie que ofrece particulares respuestas y es apropiada para el estudio de las deficiencias de hierro.

El cultivo tiene la particularidad de exigir una determinada duración del día para su floración.

Según la duración de su ciclo vegetativo se han clasificado las variedades de soja en grupos.

Para nuestro trabajo hemos dispuesto de una variedad llamada Traverse, difundida en distintas regiones.

La soja es sensible a las heladas en los primeros estados vegetativos. La temperatura tiene gran influencia en su desarrollo y en la formación de la flor.

Los suelos de preferencia para éste cultivo deben ser bien drenados y neutros o escasamente ácidos.

1.2.- Selección de semillas y tratamientos previos

En primer lugar se realizó una selección de las semillas que se llevarían a germinar. Previa a la germinación, y como resultado de experiencias previas, se vió la necesidad de tratar las semillas y la arena del almácigo.

Para las semillas se utilizó Captán al 50% (N-triclorometil-tio-tetrahidro-ftalimida), en la proporción de 1,5 gramos por cada kilo.

La arena del almácigo, de tipo silícea, se lavó con ácidos y abundante agua desionizada. Para ésta se empleó Captán

al 10 % y 10 % de Lindane, en una proporción de 20 gramos por metro cuadrado. Una vez tratada se lavó con agua desionizada y se volvió a tratar esta vez con una cantidad correspondiente a 10 gramos por metro cuadrado. Una vez así la arena se dispersó en los almácigos.

1.3.- Germinación

Con este tratamiento previo se llegó a la etapa de la germinación. Las semillas de soja fueron sembradas a una profundidad de aproximadamente 1 cm.

El semillero se mantuvo en condiciones apropiadas de humedad y temperatura en una cámara; esas fueron entre 30 y 34 grados centígrados y 70 % de humedad. Se le fué suministrando agua cuando era necesario para mantener el tenor de humedad.

Al cuarto día de colocadas las semillas surgieron los primeros brotes en superficie y al séptimo apareció el primer par de hojas alcanzando las plántulas una altura que oscilaba entre 8,5 a 9 cms. Al décimo día aparece el primer trifoliado y para éste tiempo las plantas alcanzan una altura de 13,5 a 14,5 cms. Se procede entonces al transplante al medio de solución nutritiva (SN), tratando que las plantas presenten un aspecto igual y buenas condiciones de desarrollo para lo cual se eligieron las que alcanzaban los 14 cms. En éste momento hemos tomado el color de las hojas correspondiendo a MUE 5 GY, 5/6 en tablas Munsell (185).

2.- Desarrollo del experimento

2.1.- Tratamientos previstos y sustancias empleadas

Conforme a los objetivos que se pretendían lograr con este experimento, se dispusieron los siguientes tratamientos y las sustancias que se indican.

2.1.1.- Sal de hierro. Como portador del nutriente a la solución nutritiva se utilizó cloruro férrico que se suministró de manera de que aportara los siguientes niveles de hierro en la solución:

nivel Fe_1 equivalente a la mitad del contenido de hierro de una S N normal. Más adelante nos detendremos en la solución nutritiva (82).

nivel Fe_2 equivalente al contenido normal de la citada solución nutritiva.

nivel Fe_3 , este nivel aporta el nutriente en exceso triplicando la cantidad correspondiente a la solución normal.

2.1.2.- Quelato de hierro. Se utilizó el Fe-EDDHA, aplicado en experiencias anteriores y en cantidades tales que suministraron los niveles Fe_1 , Fe_2 , Fe_3 vistos anteriormente.

El compuesto por nosotros utilizado fué analizado obteniéndose una concentración del 6,6 % de hierro.

2.1.3.- Complejo orgánico de origen natural. Otra fuente de hierro que hemos utilizado es un complejo orgánico de origen natural de estructura poliflavonoide (PF) y que para

abreviar denominaremos en el futuro Fe-PF. De sus propiedades ya hemos hecho mención en el capítulo correspondiente a los antecedentes. Este complejo organometálico nos ha proporcionado en su análisis un tenor de hierro correspondiente al 10,6 %. Fué aportado con idéntico criterio para lograr los niveles Fe_1 , Fe_2 , Fe_3 .

2.1.4.- Sustancias húmicas - Procedimiento de obtención

La literatura cita varios métodos para la extracción de las sustancias húmicas. Cada autor emplea un extractante determinado. Los extractantes alcalinos, si bien son los comunmente usados, hay quienes opinan que pueden llegar a alterar el producto final o sustancia húmica.

En realidad no todos los extractantes pueden darnos un método plenamente satisfactorio.

Demolón (48) utiliza como extractora una solución diluída de NaOH, y por su parte Chaminade (35) emplea otra solución de oxalato amónico.

Tyurin (156), en Rusia utilizaba una solución de NaOH 0,1 N. Kononova (94) expone que los tratamientos con soluciones alcalinas no altera la naturaleza de las sustancias húmicas de manera fundamental.

Si se pretende evitar la impurificación de las sustancias húmicas con humatos cálcicos y compuestos orgánicos, podemos tratar la muestra con ácido clorhídrico al 2% antes de la extracción.

Nosotros conforme a experiencias de otros autores (118) utilizamos como extractante una solución alcalina.

- . Material empleado. Se ha utilizado para obtener las sustancias húmicas el mismo material que en las experiencias anteriores y en ellas dábamos las características del mismo; era un estiércol de origen bovino con buen grado de fermentación, tratado como lo expusimos en anteriores trabajos.
- . Técnica de extracción. Hemos utilizado el método de Tyurin (156), (94). El detalle de la extracción lo reseñamos en el anexo final.
- . Purificación de la fracción húmica. De los varios métodos propuestos, nosotros utilizamos el de diálisis en bolsa de colódion. Con más detalle éste método lo citamos en el anexo final.
- . Contenido de fracción húmica en la suspensión.
De la suspensión se extrae un volumen medido y por desecación y diferencias de pesadas se obtiene el contenido en gramos en un volumen determinado.
- . Tratamiento para el análisis.
Un volumen de suspensión se deseca en estufa y luego en estufa de vacío durante un par de horas a 60°C y a 0,72 Kg/cm² de presión.
Mineralizamos posteriormente una cantidad de muestra atacando con ácido nítrico y perclórico en caliente. En trabajos anteriores damos el detalle del tratamiento por lo que, para no extendernos excesivamente, solo lo citamos.

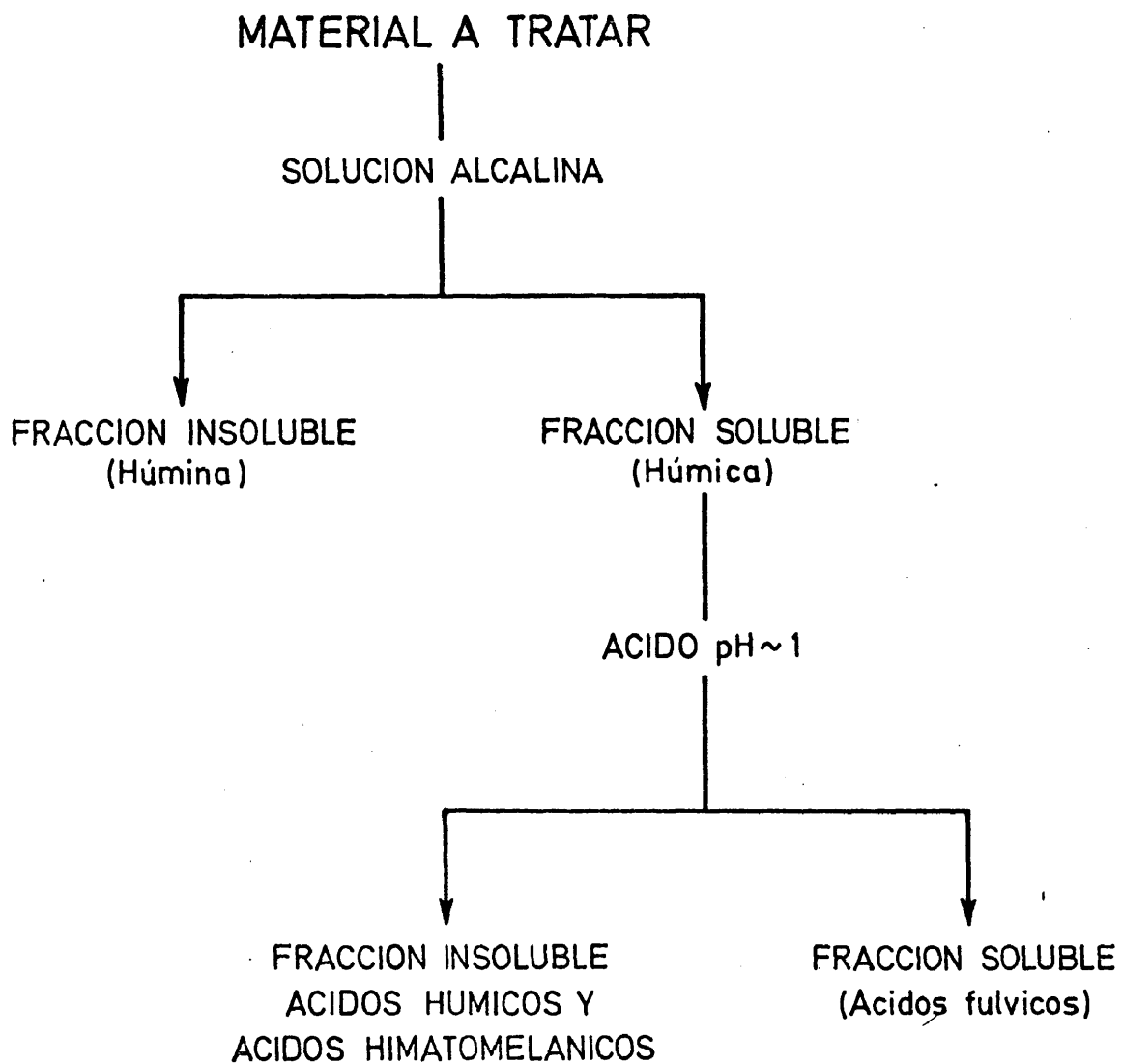


Fig. 7.- Extracción de sustancias húmicas (118)

. Análisis de la muestra tratada.

Conforme a los objetivos de la experiencia se determinó el contenido de hierro de la muestra, que representó 4765 ppm.

El método empleado fué por espectrofotometría de absorción atómica.

De la suspensión se tomaron las cantidades correspondientes que suministraron a la solución nutritiva niveles de hierro Fe_1 , Fe_2 , Fe_3 , como los logrados con los otros portadores vistos anteriormente.

2.1.5.- Fósforo y Potasio

De acuerdo con el plan de la experiencia, suministramos fósforo y potasio en dos niveles diferentes.

Las variantes se introducen en el contenido de éstos nutrientes en la solución nutritiva, pero de manera de no alterar el balance de aniones y de cationes.

Se aportó fósforo como fosfato en los niveles de 1 miliequivalente por litro de solución nutritiva (P_1) y de 3 miliequivalentes por litro de solución nutritiva (P_2).

Se suministró potasio como sulfato en los niveles de 1 miliequivalente por litro de solución nutritiva (K_1) y de 3 miliequivalentes por litro de solución nutritiva (K_2).

Los suministros se efectuaron en los niveles P_1 K_2 y P_2 K_1 .

2.2.- Preparación de la experiencia y condiciones del cultivo

2.2.1.- Solución nutritiva.

Hemos empleado como solución nutritiva la de Hoagland y Arnon (82), modificada conforme a los distintos aportes hechos en cada tratamiento. En todos los casos la suma de aniones y cationes quedó inalterada.

Las cantidades de fósforo y potasio correspondieron a las anteriormente citadas.

Por su parte los iones calcio, magnesio, sulfato, nitrato fueron suministrados en cantidades constantes, al igual que los micronutrientes como boro, manganeso, cinc, cobre y molibdeno.

2.2.2.- Tiestos, plantas y repeticiones.

La experiencia se desarrolló en tiestos de 1500 cc de capacidad. Sobre ellos se colocó una tapa con los orificios correspondientes para las cuatro plantas y los conductos de aireación.

En cada tiesto se colocaron cuatro plantas provenientes de la etapa de germinación vista anteriormente. La planta en éste momento alcanzaba una altura de 14 cms. con el primer trifoliado. El conjunto se dispuso en mesadas movibles.

Cada tratamiento de la experiencia se efectuó por triplicado.

2.2.3.- Invernadero y condiciones ambientales.

La experiencia se ha llevado a cabo en un invernadero acondicionado a los efectos de registrar las variaciones del medio

ambiente.

A lo largo del desarrollo experimental se efectuaron diarias observaciones de las condiciones ambientales en lo que respecta a temperatura y humedad.

La temperatura máxima no supero los 34,5 °C y mantuvo una media de 32,0.°C.

La temperatura mínima no bajo de los 14,5 °C y mantuvo una media de 19,5 °C.

La humedad se mantuvo entre una máxima absoluta de 78 % y una mínima absoluta de 63 %, con una humedad media de sus valores de 72 %

2.2.4.- Renovación de la Solución Nutritiva, aireación y controles.

La solución nutritiva de los tiestos fué renovada semanalmente. En cada oportunidad se procedió al lavado de los tiestos con agua desionizada. En cada caso se aplicó nuevamente el correspondiente tratamiento.

El suministro de aire a las soluciones, previo paso por un sistema de purificación, fué proporcionado por un equipo automático en forma constante.

Día por medio se verificó y eventualmente se ajustó el pH de las soluciones a los valores adecuados.

Al mismo tiempo se hicieron comprobaciones de aireación a la solución, estado de desarrollo del cultivo y condiciones fitosanitarias; en éste aspecto no hubo evidencias de plagas.

2.3.- Recolección, preparación y tratamiento del material a analizar.

Se procedió a la recolección de las plantas en el momento en que los tratamientos visualmente y por su porte evidenciaban su respuesta, y cuando las plantas alcanzaron en su mayoría el sexto trifoliado.

Inmediatamente de recolectadas fueron pesadas, obteniéndose así el valor de la parte aérea.

Se procedió seguidamente al secado en estufa de aire forzado durante 24 horas a 65-70 grados centígrados.

A continuación se volvió a pesar logrando así el peso seco.

El material foliar se pulverizó en un molino Culatti con malla de paso de 0,5 mm.

El tratamiento de ataque del material foliar fué similar al empleado en experimentos anteriores.

Un gramo de la muestra fué atacada con 10 cc de ácido nítrico, 2 cc de perclórico y 5 cc de sulfúrico.

Se filtró en caliente y se recogió en un matríz de 50 mls. para disponer, finalmente, su análisis.

2.4.- Análisis del material vegetal

En las muestras así tratadas se realizaron las determinaciones de acuerdo con el propósito de la experiencia.

La metodología analítica empleada se detalla en el anexo final, no obstante señalaremos los análisis realizados.

Hierro y Manganeso por espectrofotometría de absorción atómica. Potasio y Calcio por fotometría de llama. Fósforo por el método del azul de molibdeno.

Los resultados obtenidos se expresan y analizan más adelante.

3.- Resultados obtenidos

Los resultados que hemos obtenido en esta experiencia se refieren a Observaciones y efectos visuales comprobados a lo largo de la experiencia, a determinación de los rendimientos en desarrollo (altura en cms.) y en peso (fresco y seco), al contenido de nutrientes en material foliar y a las relaciones que sugen de los resultados de éstos.

3.1.- Material foliar

3.1.1.- Observaciones y efectos visuales

En forma periódica hemos llevado a cabo estas observaciones. Trataremos de sintetizarlas dando una reseña breve de las mismas.

A los 10 días del transplante mantenían el valor que se determinó en aquel momento (HUE 5 GY, 5/6), respecto al color, todos los tratamientos con Fe Cl_3 y con Fe-EDDHA. Los otros dos, con sustancias húmicas (en adelante indicado como Fe-SH) y con el complejo poliflavonoide (en adelante como Fe-PF) experimentaron un incremento en el color, pasando a 5/4. Cuando no señalemos lo contrario dejaremos de indicar la expresión HUE 5 GY y solo daremos el valor del índice value/chroma de la tabla de Munsell (185).

A los 20 días del transplante se observó que:

Los tratados con FeCl_3 mantenían el mismo valor de color y no experimentaban un avance en el desarrollo con respecto

a los otros tratamientos.

Las plantas tratadas con Fe-EDDHA se encuentran con el cuarto trifoliado recién surgido. Si bien en desarrollo han experimentado cambio no así en el color que mantiene el valor de $5/6$ salvo el caso con nivel Fe_1 y P2 K1 que pasa a $5/8$.

Las plantas que fueron tratadas con Fe-PT están también en el momento en que surge el cuarto trifoliado pero el valor de color se incrementa en general a $4/6$.

En el caso de los tratamientos con Fe-SH hay un estímulo en el desarrollo y el color pasa incrementado a $4/6$ en un solo caso aislado y en general manteniendo el valor anterior.

Pasamos a la observación hecha a los cuarenta días del transplante.

En el caso del tratamiento con $FeCl_3$ el desarrollo no ha sido estimulado o sea la respuesta ha sido depresiva; en cuanto al color se anota una disminución general con algún evidente signo clorótico (valor $7/8$) y en conjunto toma el valor $6/6$.

Con Fe-EDDHA el desarrollo ha respondido positivamente al tratamiento y el aspecto de las plantas es excelente. En cuanto al color, no ha respondido en igual forma como los dos tratamientos siguientes anota valores que oscilan entre $5/6$, $5/8$ y $5/4$.

El tratamiento con Fe-PF ha dado un satisfactorio desarrollo y además su color se incrementó a un valor de $4/6$. El tratamiento con Fe-SH también aumentó su desarrollo aunque en menor grado con respecto a los dos tratamientos anteriores. Su color se mantuvo en los valores de $5/4$ con alguna excepción de plantas cloróticas que asumieron el valor $7/8$.

Las observaciones hechas en el momento que se cumplían los 50 días del trasplante están indicadas en la tabla que se adjunta, seguidamente.

T A B L A

OBSERVACIONES Y RESULTOS VISUALES

VALORES DEL COLOR EN MATERIAL MOLAR

según Munsell Color Charts

para valores de HUE. 5 G Y

	Fe ₁		Fe ₂		Fe ₃	
	P1 K2	P2 K1	P1 K2	P2 K1	P1 K2	P2 K1
Fe Cl ₃	6/6	7/8	6/6	6/8	6/6	6/6
Fe-JDDHA	5/6	5/8	5/4	5/6	5/4	5/6
Fe-PF	4/4	4/6	4/4	4/4	4/4	4/4
Fe-SH	5/8	7/8	5/4	5/6	5/4	5/6

3.1.2.- Rendimiento

En éste aspecto hemos querido determinar el grado de desarrollo alcanzado por las plantas para cada tratamiento y además el peso de la planta (parte aérea) una vez cosechada fresca y seca.

. Desarrollo:

Hemos ponderado el desarrollo a lo largo de toda la experiencia a los 10, 20, 30, 40 y 50 días del transplante. Como creemos que sería demasiado extenso exponer aquí la totalidad de los resultados obtenidos y solo lo haremos con los de la última observación que se indican en la tabla que insertamos a continuación.

. Peso de las plantas:

Cosechadas las plantas se procedió a pesarlas en conjunto las cuatro de cada uno de los tiestos (peso fresco). Una vez desecado el material vegetal nuevamente se pesó (peso seco).

Los valores de estas determinaciones se consignan en la tabla que adjuntamos.

T A B L A

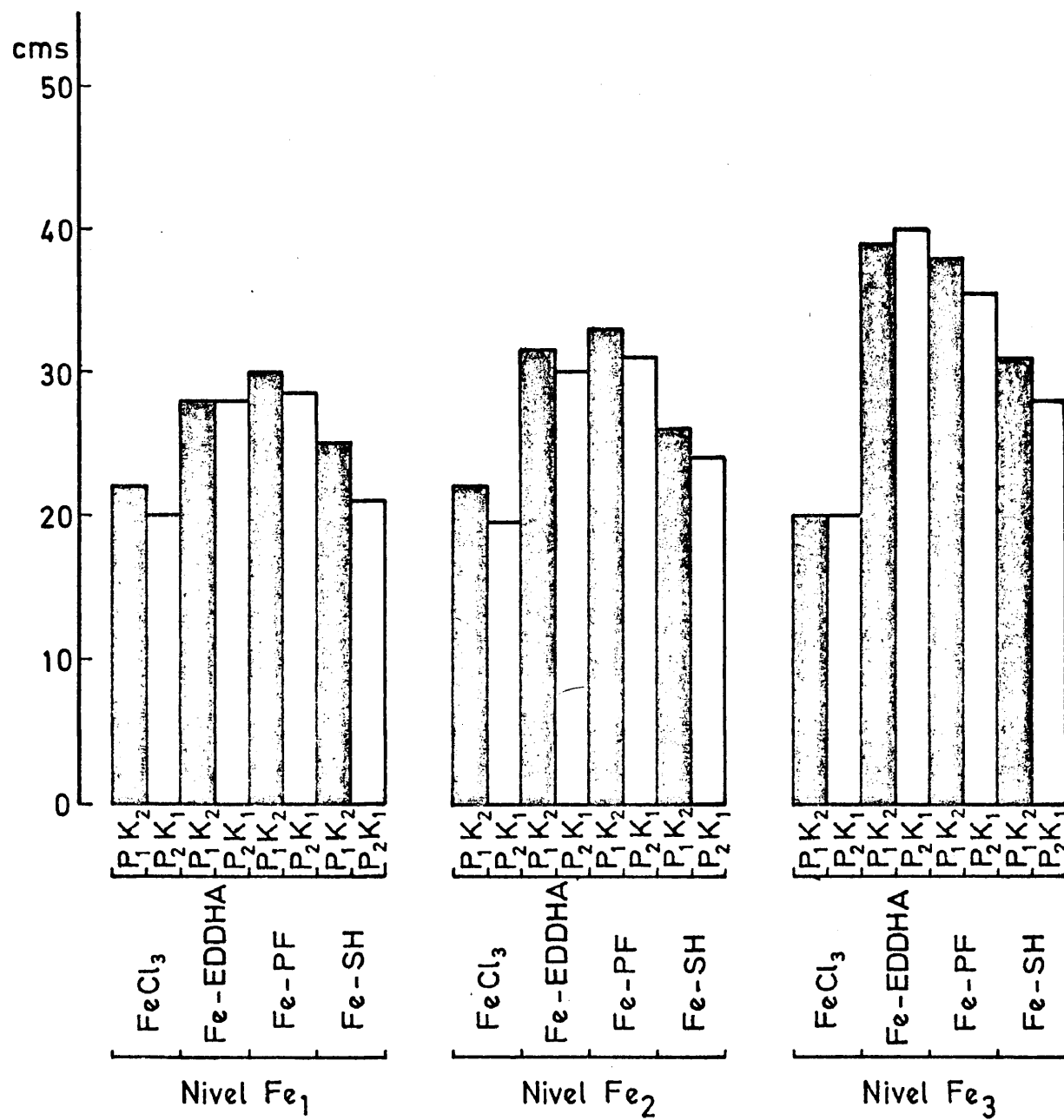
DESARROLLO DE LA PARTE AEREA

VALORES PROMEDIO en cm. DE LA ALTURA

	Fe ₁		Fe ₂		Fe ₃	
	P1 K2	P2 K1	P1 K2	P2 K1	P1 K2	P2 K1
Fe Cl ₃	22,0	20,0	22,0	19,5	20,0	20,0
Fe-EDDHA	28,0	28,0	31,5	30,0	39,0	40,0
Fe-PT	30,0	28,5	33,0	31,0	38,0	33,5
Fe-SH	25,0	21,0	26,0	24,0	31,0	28,0

Graf. 7.- DESARROLLO DE LA PARTE AEREA

Valores promedio de la altura



T A B L A

VALORES PROMEDIO DEL PESO EN GRAMOS (cuatro plantas)

EN MATERIAL DE LA PARTE AEREA

Nivel 11 K2

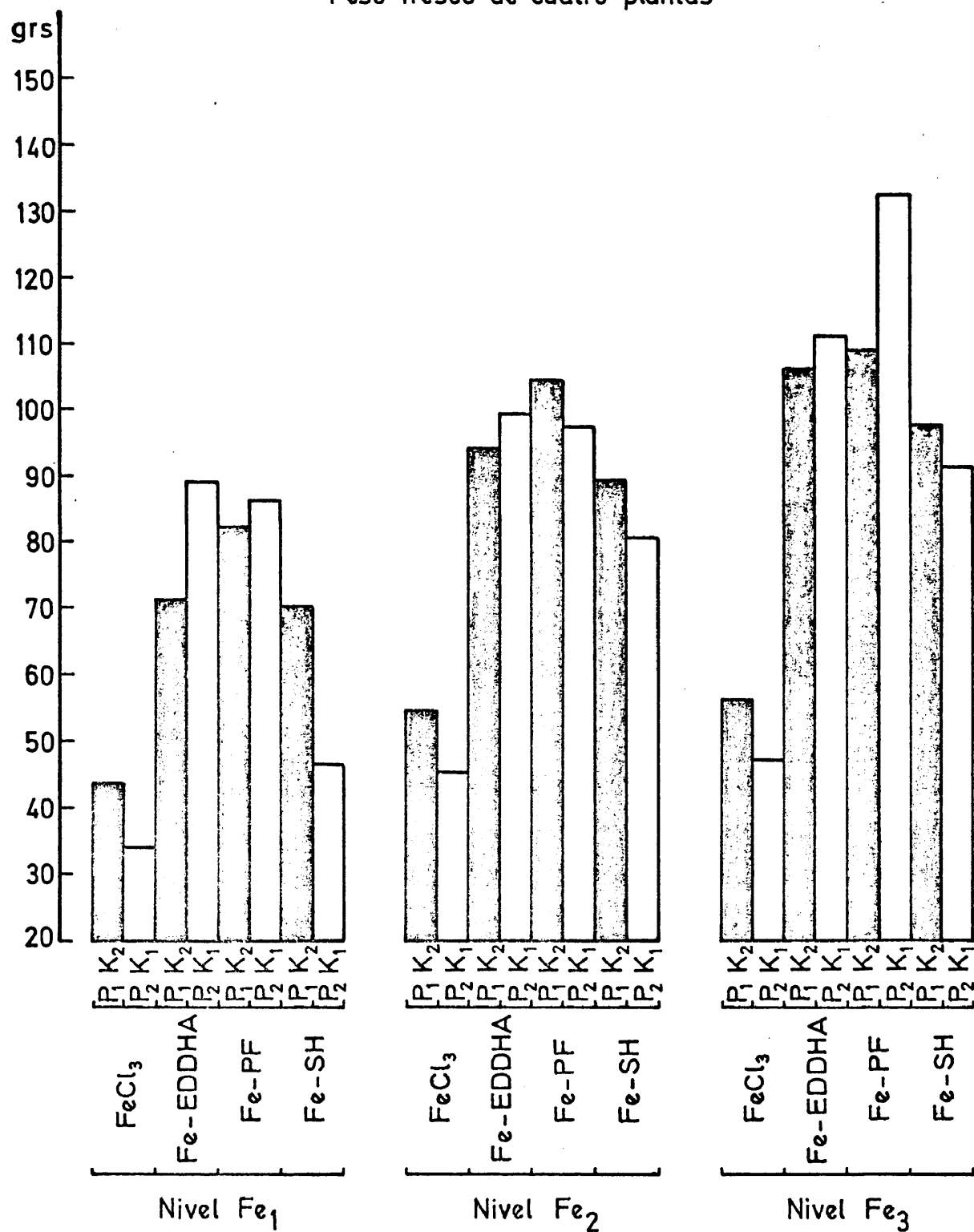
	Fe ₁		Fe ₂		Fe ₃	
	Fresco	Seco	Fresco	Seco	Fresco	Seco
Fe Cl ₃	40,38	6,87	54,63	6,12	56,35	7,68
Fe-EDDHA	71,42	9,23	94,28	11,27	106,21	14,11
Fe-PP	82,17	9,13	104,38	13,21	109,11	15,21
Fe-SH	70,30	8,49	89,19	9,67	97,81	10,00

Nivel 12 K1

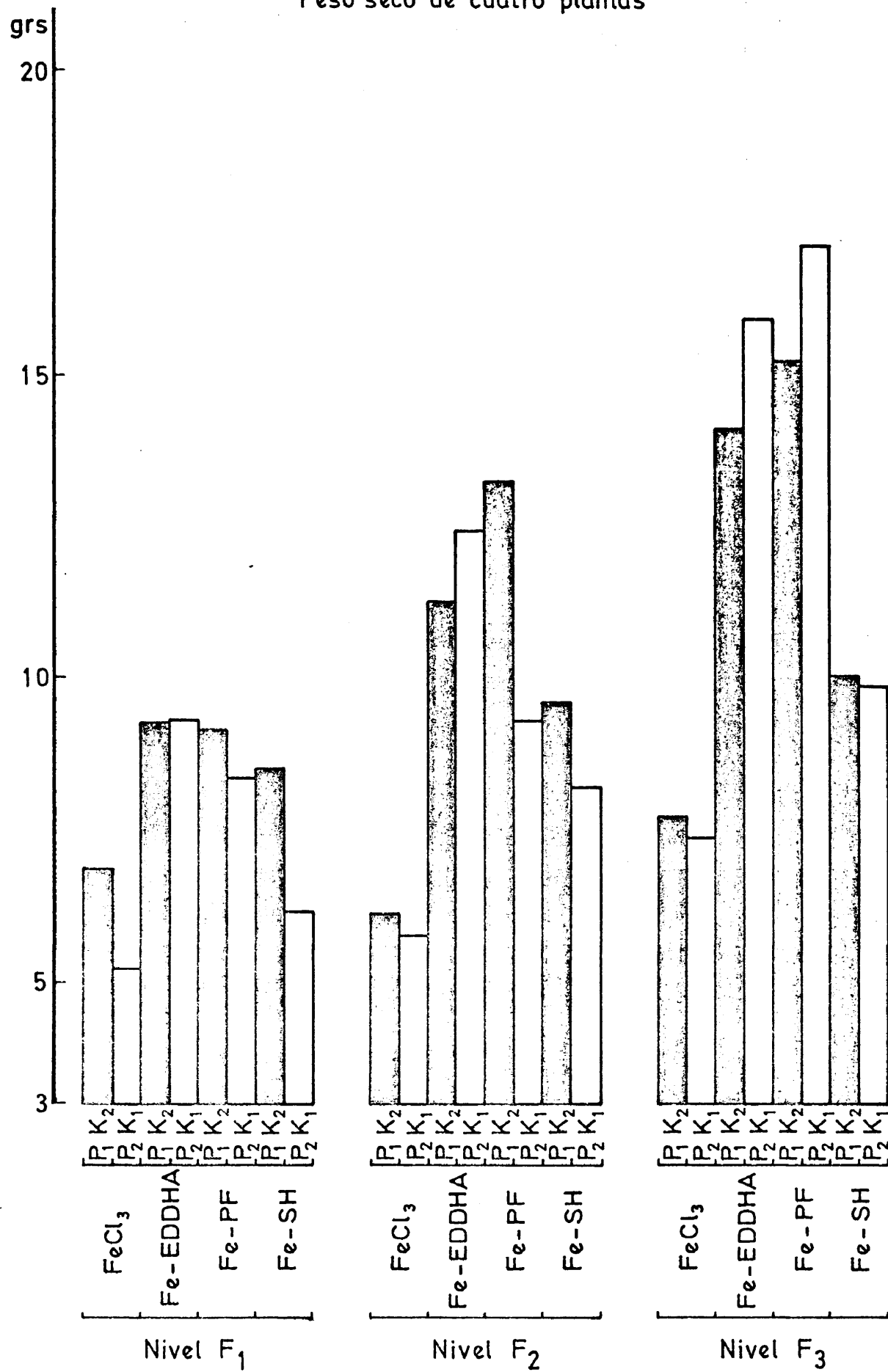
	Fe ₁		Fe ₂		Fe ₃	
	Fresco	Seco	Fresco	Seco	Fresco	Seco
Fe Cl ₃	33,85	5,24	45,15	5,76	47,40	7,36
Fe-EDDHA	89,31	9,25	99,13	12,41	111,14	15,90
Fe-PP	86,16	8,38	97,39	9,24	132,22	17,14
Fe-SH	46,27	6,14	80,34	8,19	91,15	9,84

Graf. 8.- VALORES PROMEDIO DEL PESO (en grs) EN MATERIAL VEGETAL PARTE AEREA

Peso fresco de cuatro plantas



Peso seco de cuatro plantas



3.1.3.- Contenido de nutrientes en material foliar

En las tablas que acompañamos seguidamente hacemos presentes los resultados obtenidos.

Cada tabla deja expresado los resultados del nutriente correspondiente conforme los distintos niveles de hierro aportado, o sea Fe_1 , Fe_2 , Fe_3 ; además según los niveles de fósforo y potasio aplicados, o sea P_1 K_2 , P_2 K_1 . Por otra parte estos resultados están dados conforme el portador de hierro utilizado, o sea cloruro férrico ($FeCl_3$), o el quelato de hierro (Fe-EDTA), o el complejo orgánico de origen natural (Fe-PF), o, finalmente, sustancia húmica (Fe-SH).

Los datos son los valores medios del conjunto, conforme a las repeticiones efectuadas. Hierro y manganeso se expresan en partes por millón y fósforo, potasio y calcio en %.

T A B L A

CONTENIDO EN MATERIAL VEGETAL

EN MATERIA MOLAR SACA

VALORES MEDIOS DE HIERRO en ppm

	Fe ₁		Fe ₂		Fe ₃	
	P1 K2	P2 K1	P1 F2	P2 K1	P1 F2	P2 EL
Fe Cl ₃	76	68	92	80	98	76
Fe-EDDA	143	117	181	156	190	174
Fe-EP	126	120	144	140	168	155
Fe-SH	82	56	121	91	128	94

T A B L A

CONTENIDO EN MATERIAL VASCULAR

EN MATERIA FOLIAR SECA

VALORES MEDIOS DE FOSFORO en %

	Fe ₁		Fe ₂		Fe ₃	
	P1 K2	P2 K1	P1 K2	P2 K1	P1 K2	P2 K1
Fe Cl ₃	0,41	0,58	0,35	0,41	0,30	0,38
Fe-LDDHA	0,30	0,42	0,21	0,30	0,17	0,18
Fe-IF	0,26	0,34	0,24	0,29	0,19	0,21
Fe-SH	0,50	0,66	0,42	0,53	0,25	0,34

T A B L A

CONTENIDO EN MATERIAS VASCULARES

EN MATERIA FOLIAR SECA

VALORES INDICES DE POTASIO en ‰

	Fe ₁		Fe ₂		Fe ₃	
	P1 K2	P2 K1	P1 K2	P2 K1	P1 K2	P2 K1
Fe Cl ₃	2,34	2,10	2,22	2,15	2,06	1,95
Fe-EDDHA	1,86	1,74	1,80	1,62	1,72	1,68
Fe-ET	1,91	1,80	1,76	1,65	1,70	1,70
Fe-SH	2,06	1,83	2,00	1,86	1,92	1,83

T A B L A

CONTENIDO EN MATERIAL VASOSAL

EN MATERIA FOLIAR SECA

VALORES MEDIO DE CALCIO en %

	Fe ₁		Fe ₂		Fe ₃	
	P1 K2	P2 K1	P1 K2	P2 K1	P1 K2	P2 K1
Fe Cl ₃	1,27	1,46	1,56	1,81	1,88	2,10
Fe-MODIA	1,64	1,91	1,96	2,05	2,26	2,34
Fe-PF	1,92	1,96	2,10	2,17	2,28	2,42
Fe-SH	1,66	1,64	1,90	1,93	2,20	2,24

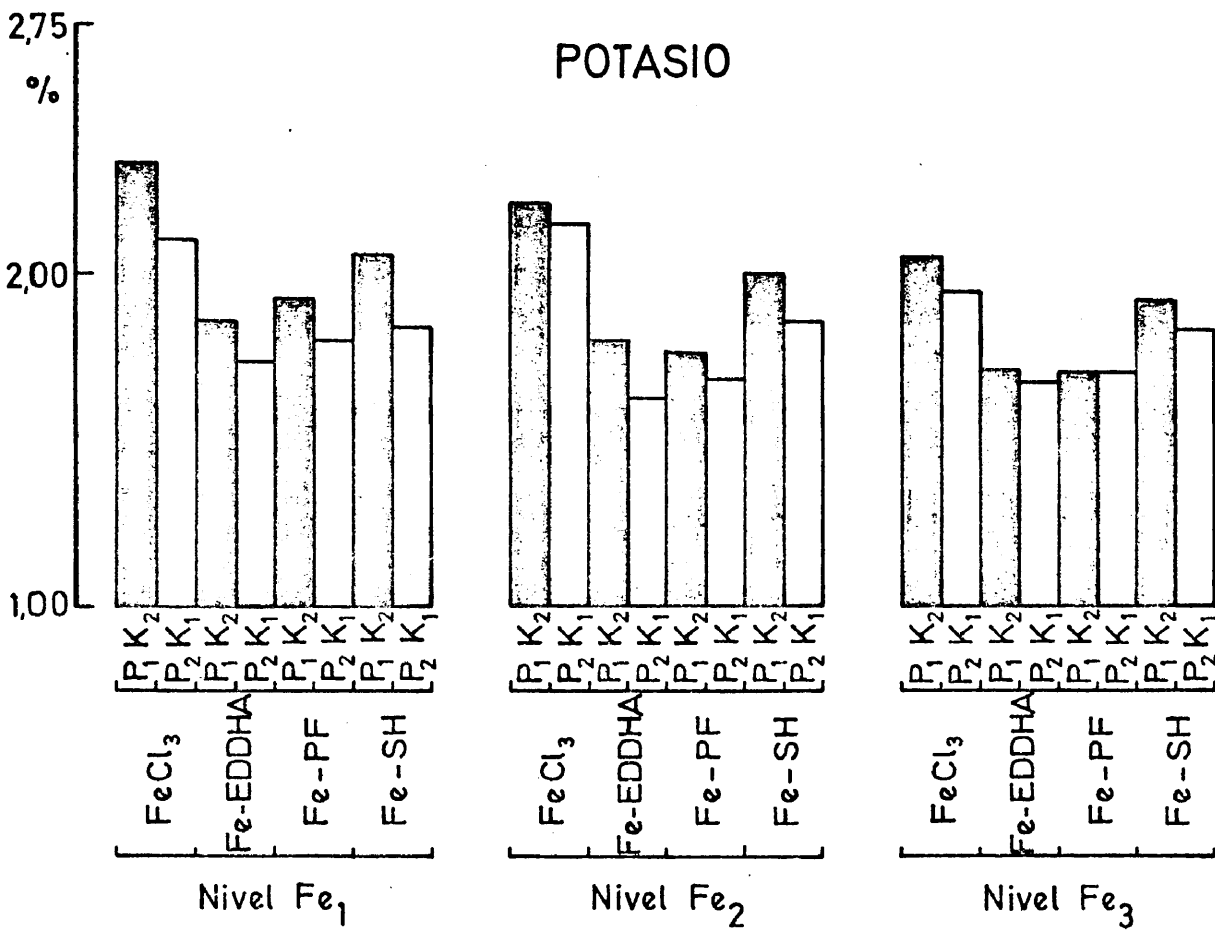
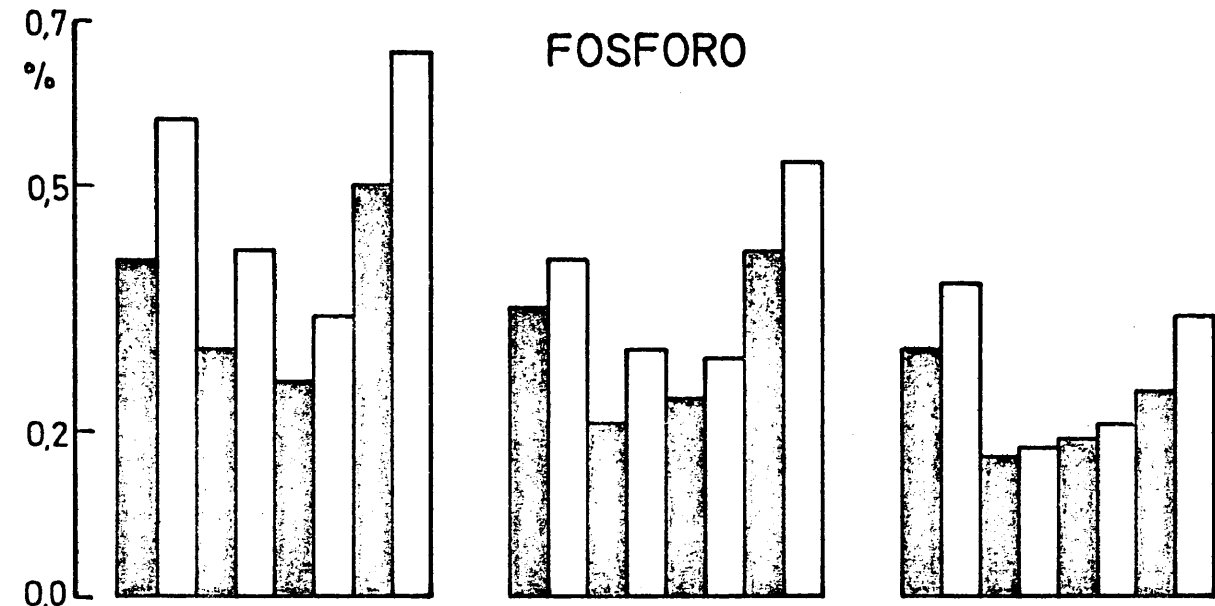
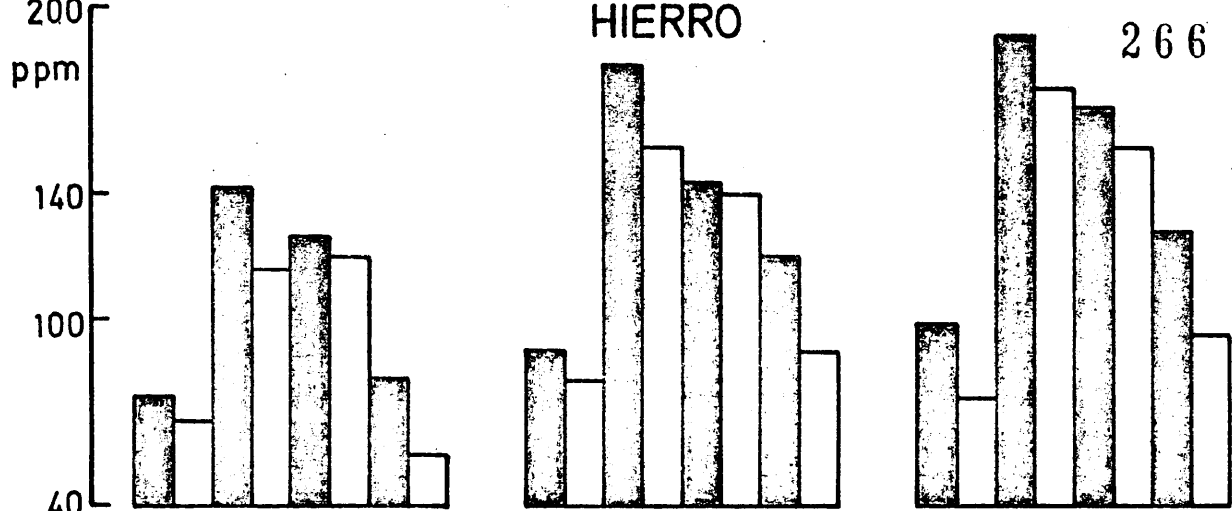
T A B L A

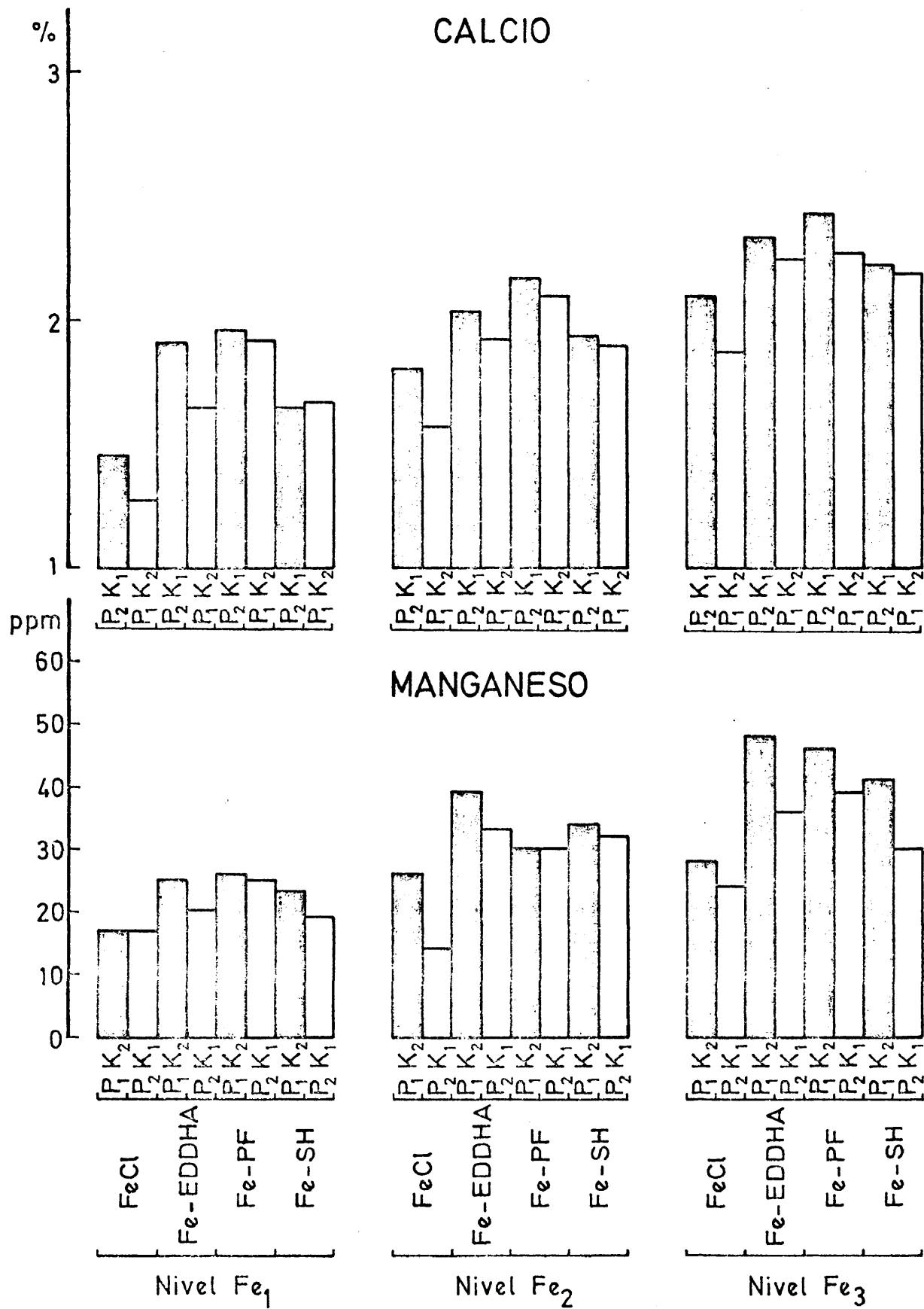
CONTENIDO EN MATERIAL VASCULAR

EN MATERIA FOLIAR SECA

VALORES MEDIOS DE MANGANESO en p.p.m.

	Fe ₁		Fe ₂		Fe ₃	
	P1 P2	P2 K1	P1 P2	P2 K1	P1 P2	P2 K1
Fe Cl ₃	17	17	26	14	28	24
Fe-EDDHA	25	20	39	33	48	36
Fe-IT	26	25	30	30	46	39
Fe-SH	23	19	34	32	41	30





3.1.4.- Relaciones nutritivas entre los elementos determinados.

En trabajos anteriores hemos expuestos el sentido, alcances y valor que tiene realizar las relaciones nutritivas entre los elementos determinados. De todas las posibles hay algunas que se destacan por su significación, y en éste aspecto nos referimos al hierro que es el elemento que concentra nuestra atención en éste trabajo.

Las relaciones tienden a establecer ciertos índices para casos normales y de deficiencia.

Solo veremos aquí las relaciones más importantes de manera de no extender demasiado las consideraciones y el trabajo en sí, por lo que nos limitaremos a ver las más significativas.

Al igual que en otros trabajos anteriores, con el objeto de establecer una relación comparativa entre los nutrientes, hemos realizado el estudio de los mismos considerando los mgrs. átomo por 100 grs. de materia vegetal seca (22).

T A B L A

VALORES DE LA RELACION HIERRO / FOSFORO
EN MATERIA FOLLIAR SECA

	Fe ₁		Fe ₂		Fe ₃	
	P1 K2	P2 K1	P1 K2	P2 K1	P1 K2	P2 K1
Fe Cl ₃	185	117	262	195	326	200
Fe-EDDHA	476	278	861	520	1117	966
Fe-PF	484	352	600	482	884	738
Fe-SH	164	84	288	171	512	276

T A B L A

VALORES DE LA REACCION HIERRO / POTASIO

EN MATERIA POLIAR SECA

	Fe_1		Fe_2		Fe_3	
	P1 K2	P2 K1	P1 K2	P2 K1	P1 K2	P2 K1
Fe Cl_3	32,47	32,38	41,44	37,20	47,57	38,97
Fe-EDDHA	76,88	67,24	100,55	96,29	110,46	103,57
Fe-PT	65,96	66,66	81,81	84,84	98,82	91,17
Fe-SH	39,80	30,60	60,50	48,92	66,66	51,36

T A B L A

VALORES DE LA RACION HIERRO / MANGANESO
EN MATERIA FOLIAR SECA

	Fe ₁		Fe ₂		Fe ₃	
	P1 K2	P2 K1	P1 K2	P2 K1	P1 K2	P2 K1
Fe Cl ₃	4,39	3,92	3,47	5,61	3,43	3,10
Fe-EDDHA	5,61	5,74	4,55	4,64	3,88	4,74
Fe-PT	4,75	4,71	4,71	4,58	3,58	3,90
Fe-SH	3,50	2,89	3,49	2,79	3,06	3,07

4.- Discusión de los resultados.

4.1.- Observación y efectos visuales

Aquí examinamos los resultados que surgen de las determinaciones de color sobre las hojas en distintos momentos del desarrollo de la planta.

- Aplicación de Fe Cl_3 : luego de observar las evoluciones que se dan con este tratamiento se puede generalizar diciendo que desde el comienzo se evidenció un decrecimiento en el color y a lo largo de todo el desarrollo. Fueron apreciables las diferencias entre los niveles Fe_1 y Fe_2 y también para éstos casos entre los tratamientos con P1 K2 y P2 K1, pero no con marcada evidencia.
- Aplicación de Fe-EDDHA: podemos decir que en este caso no hubo variaciones netamente diferenciabiles entre los tratamientos con hierro en sus distintos niveles; se pudieron ver variaciones hacia el final o últimas observaciones en los tratamientos Fe_2 y Fe_3 y dentro de éstos para el caso de P1 K2
- Con aplicación de Fe-PF: en este caso sí hubo un pronunciado incremento del valor del color a lo largo del desarrollo, con pocas diferencias entre los tratamientos de hierro.
- Aplicación de Fe-SH: en éste caso se acentuó el color, no tan marcadamente pero hubo variaciones notables entre las primeras y últimas observaciones. En general se pudo ver que los bajos niveles de fósforo favorecían la normalidad de la planta.

4.2.- Rendimiento

4.2.1.- Sobre el desarrollo en altura

Vamos a considerar los resultados que nos presentan las determinaciones de las alturas de las plantas. Estas fueron medidas a los 10, 20, 30, 40 y 50 días del transplante, pero solo consignaremos, como de mayor interés, los valores de la última determinación. Al transplante las alturas de las plantas eran de 14 cms.

- Aplicación de Fe Cl_3 : el incremento total experimentado entre la altura del transplante y la de la planta más desarrollada fué de 8 cms. No son netamente marcadas las diferencias entre los niveles de hierro aunque se aprecia una tendencia a que P₁ K₂ dé los mayores valores.
- Aplicación de Fe-EDDHA: en éste caso el incremento observado en todo el ciclo de determinaciones fué de 26 cms. Se aprecia diferencia entre los distintos niveles de hierro aportado, aumentando en relación directa con los mismos; respecto a los tratamientos con fósforo y potasio no se ven claras diferencias.
- Aplicación de Fe-PP: aquí el incremento fué de 24 cms. con tendencias a que haya una relación directa con los niveles de hierro aportado y también con respecto al nivel P₁ K₂
- Aplicación de Fe-SH: para este caso en particular vemos que el aumento de altura fué 17 cms. con un desarrollo normal con una tendencia a que se incremente con los niveles de hierro y el P₁ K₂

4.2.2.- Sobre el peso de la parte aérea

Ya hemos determinado el peso fresco y peso seco. Veremos la incidencia de los distintos niveles de hierro y de fósforo y potasio sobre el peso.

- Aplicación de Fe-Cl_3 : las tendencias fueron a que los valores se presentaran mayores conforme se incrementaban los niveles de hierro y cuando se aplicaba el tratamiento P1 K2.
- Aplicación de Fe-EDDHA : se presenta una marcada tendencia a que el peso aumente a medida que aumenta el nivel de hierro
- En cambio los mayores valores en éste caso lo dan P2 K1, aunque los incrementos son mayores en el nivel P1 K2
- Aplicación de Fe-PF : igual que anteriormente el aumento está en relación con el aumento de hierro y los mayores valores los dan P2 K1, en cambio aquí los mayores incrementos también los da P2 K1.
- Aplicación de Fe-SH ; no varía la tendencia a que a mayores niveles de hierro mayores sean los pesos. Los valores mayores los suministra el nivel P1 K2.

En general se puede apreciar que hay un aumento en el peso conforme se incrementa el hierro en la solución nutritiva.

En los casos de aplicación de Fe-PF y Fe-EDDHA predominaron los niveles de P2 K1 y en el caso de Fe-Cl_3 y el de Fe-SH los de P1 K2.

Se puede observa que el Fe-SH ejerce un efecto depresivo sobre las plantas tanto en peso como en altura frente a los aportes con Fe-EDDHA y Fe-PF; no obstante si bien los valores son menores en esas determinaciones, el aspecto general de las plantas tratadas con sustancia húmica fué excelente.

El mayor efecto depresivo lo manifiesta el tratamiento con Fe Cl₃

4.3.- Contenido de nutrientes en material foliar

1.- Hierro

En todos los casos los aportes de hierro provocaron un aumento del nivel de hierro en hoja. Hay diferencias marcadas en algunos casos; en cambio esas diferencias fueron menos marcadas cuando se trata de considerar los niveles P1 K2 y P2 K1.

Los mayores valores los dió Fe-EDDHA seguido de Fe-PP y de Fe-SII; por último los menores valores los aportó Fe Cl₃.

Se pudo comprobar casos de evidente clorosis que correspondieron a niveles de 68 y 56 ppm. de hierro en hoja.

El aporte de hierro como Fe-SII proporcionó junto con el tratamiento P1 K2 aceptables niveles de hierro en hoja que está en relación con las observaciones y efectos visuales.

Se pudo ver que el hierro en hoja aumentaba al aumentar el hierro en la solución nutritiva y al aumentar el potasio y disminuir el fósforo en la misma.

2.- Fósforo

La tendencia general es que el contenido de éste nutriente disminuya al aumentar el hierro aportado. Aquí el nivel que proporciona el más alto contenido de fósforo lo da el P2 K1.

Podemos decir que el fósforo decrece en su contenido al aumentar el hierro y el potasio en la solución nutritiva.

3.- Potasio

El potasio mantiene un comportamiento similar al que pudimos observar en trabajos anteriores; hay una disminución de su contenido al aumentar el hierro en la solución nutritiva y además se aprecia que el tratamiento P1 K2 es el que da los mayores valores. Al incrementar el potasio en solución nutritiva de K1 a K2, éste aumenta en hoja, como era de esperar.

4.- Calcio

Este nutriente presenta la tendencia a incrementar su valor al aumentar el hierro en la solución nutritiva y a presentar los mayores valores cuando se trata con P2 K1, o sea para los menores aportes de potasio y los más altos de fósforo.

5.- Manganeso

Este bioelemento ha mantenido el comportamiento de trabajos anteriores, o sea experimentó un aumento con el aumento de hierro en la solución nutritiva y una tendencia a aumentar con el nivel P1 K2, pero repetimos solo una tendencia.

4.4.- Relaciones nutritivas.

1.- Hierro / Fósforo

Observando en general el cuadro de valores podemos ver que se destacan dos datos como inferiores sobre el resto y son los correspondientes a las plantas que evidenciaron signos de clorosis en coincidencia con las observaciones y efectos visuales, peso, altura y contenido en hierro. El resto de los datos muestran la tendencia a aumentar conforme aumenta el tenor de Hierro suministrado a la solución nutritiva. Lo que es interesante destacar es que en todos los casos los valores de la relación para el tratamiento $P_1 K_2$ superan a los del $P_2 K_1$.

Los valores que corresponden al tratamiento con Fe-SH son inferiores a los de Fe-PF y Fe-EDDHA que guardan cierta vecindad entre ellos. Para éste tratamiento los valores más altos se observaron en el nivel Fe_3 y para $P_2 K_1$. Si bien los valores de Fe-SH para $Fe_2 P_2 K_1$ y $Fe_1 P_1 K_2$ son inferiores, éstas plantas no mostraron serios signos de clorosis como otras. Podemos indicar que en estados cloróticos se comprueba una vez más, que el valor de la relación es baja.

2.- Hierro / Potasio

Los menores valores corresponden al tratamiento con $Fe Cl_3$ y los mayores a Fe-EDDHA, tendiéndose a que sean superiores en los niveles de Fe_3 y menores para los de Fe_1 .

Se aprecia que en general el valor de P1 K2 es el que ha suministrado los datos más altos.

3.- Hierro / Manganeso

En esta relación la tendencia general es la de disminuir conforme se aumenta los aportes de hierro a la solución nutritiva. Se anotaron las excepciones de aquellas plantas cloróticas para el caso de Fe_1 en P2 K1 para $Fe Cl_3$ y $Fe-SH$. En lo que respecta al fósforo y potasio se puede comprobar el comportamiento efectivo del nivel P1 K2.

4.5.- Discusión General

Es evidente la influencia ejercida por los distintos niveles de hierro.

Debemos destacar que los niveles de hierro en hoja correspondientes al tratamiento de Fe-SH, salvo una excepción al nivel más bajo de ese nutriente en solución nutritiva, son normales y que además los efectos visuales y porte confirman esa normalidad. En realidad con ello hemos logrado prácticamente el objetivo de nuestro experimento ya que comprobamos que con aquel tratamiento logramos el objetivo propuesto.

No obstante vamos a hacer algunas consideraciones sobre los resultados obtenidos.

Si bien las evaluaciones del color no establecen diferenciaciones nitidamente marcadas, se puede decir que en líneas generales los diversos niveles de hierro lograron dar algunas diferencias, aunque estas fueron más apreciables entre distintos tratamientos. Igualmente puede apreciarse que el fósforo tiene un efecto antagónico.

Las diferencias en lo que llamamos rendimiento son en realidad diferencias de porte de la planta ya que en el estricto sentido, la palabra rendimiento se reserva para cuando se cuenta con el resultado de una cosecha, o sea se completa todo el ciclo sin interrupciones. Por ello, como veremos en muchos valores, lo que se puede apreciar en alturas y pesos son diferencias en su porte. De todas

maneras son significativos los datos obtenidos tanto para evaluar las alturas como para los pesos, ya que señalan unas mejores condiciones del desarrollo, sobre todo en un caso como el nuestro en que estamos estudiando un problema de corrección de clorosis férrica. Así el color de un modo u otro puede estar vinculado a un estado óptimo de absorción y traslocación de hierro en la planta.

Las diferencias de porte en el caso de Fe-SII son menores a los tratamientos con Fe-EDDHA y Fe-PF, pero ello no quiere decir que al final del ciclo se hubiese tenido un menor rendimiento.

En general podemos observar que las dosis de fósforo y potasio suministradas a la solución nutritiva denotan también su efecto según sea el nivel aplicado. No habiendo cerrado un ciclo vegetativo completo hasta la recolección del fruto o cosecha, los efectos del fósforo y potasio como era de suponer se evidenciaron menos marcadamente; pero debemos aclarar que en éste tipo de experimentación puede esperarse estos resultados. Sin embargo las tendencias observadas en el melocotonero se mantienen aquí dentro de lo previsible. En general la mejor respuesta la da el nivel P1 K2.

Es interesante señalar los valores que se obtienen de hierro en hoja en los cuales podemos ver que los mayores valores corresponden a los tratamientos con Fe-EDDHA y Fe-PF. No obstante

respecto al efecto causado por el tratamiento con Fe-SH, salvo una excepción ha aportado valores aceptables de hierro en hoja. La acción del fósforo y potasio da la sensación manifiesta de una respuesta positiva para el nivel P1 K2 en todos los casos. El efecto del potasio poco se nota en los casos de aplicación Fe-BDDHA y Fe-PF por los altos valores que éstos compuestos dan de hierro en hoja. En cambio el efecto del potasio puede manifestarse en los niveles de hierro en hoja que da el Fe-SH y positivamente en la dosis K2; por su parte el fósforo al presentar su efecto antagónico en la absorción y traslocación del hierro, su nivel P1 es el más adecuado. Concluyendo podemos decir que en nuestro caso el nivel más adecuado y el que mejor respondió fue el P1 K2, y que concuerda con lo observado en las experiencias con melocotoneros.

Del fósforo podemos decir que su comportamiento puede regularse en la hoja por la absorción de mayores cantidades ante los menores niveles de hierro en la solución nutritiva y más aún para las dosis de P2 K1, tal y como era de esperar.

Para el potasio se comprueba una vez más el comportamiento ante dosis crecientes de hierro que disminuya en hoja y que los niveles P1 K2 dé los mayores valores. Su efecto comprueba lo observado en experiencias anteriores. Del potasio solo diremos que tiende por regla general a disminuir a través del ciclo; esto lo decimos

aquí por las implicaciones que tiene el hecho de que estos resultados no provengan de un ciclo completo hasta la cosecha y cuyas consecuencias se verán en las relaciones con los nutrientes. Con relación al calcio, como observamos en la tabla de sus valores, tiende marcadamente a aumentar con los incrementos de hierro en solución nutritiva y lo interesante es su comportamiento ante las dosis de fósforo y potasio donde se ve claramente el antagonismo de éste elemento con el potasio. El calcio tiende a aumentar a lo largo del ciclo. Las relaciones de éste elemento con el potasio serán optimas cuando dicho ciclo esté completado hasta una cosecha. Respecto al manganeso, éste aumenta en hoja conforme se incrementan los valores de hierro en la solución nutritiva.

En la relación establecida entre el hierro/fósforo, están de acuerdo sus resultados con los que corresponde a cada uno de los elementos en forma aislada y viéndose un marcado efecto del nivel de P1 K2.

Idéntica es la consideración que podemos hacer para la relación hierro/potasio en donde aparte del incremento que se observa al aumentar el hierro en la solución, el nivel de P1 K2 aporta los mayores valores.

Con relación a la relación hierro/manganeso se comporta como si hubiese un sinergismo entre ambos elementos. Hay por otra parte una acción positiva del potasio y depresiva del fósforo con lo que se puede considerar como más adecuado el nivel P1 K2.

El resultado más importante de este experimento es el haber llegado a la conclusión de que el tratamiento Fe-SH aporta resultados correspondientes a cultivos normales, lo que demuestra que los niveles de hierro que se aportaron por esa vía han dado respuesta efectiva como para no evidenciar casos de clorosis salvo la excepción en el menor nivel de Fe aportado. Además el desarrollo de la planta fue aceptable.

El resultado práctico fundamental es que el Fe-SH extraído de la materia orgánica que se trató con el sulfato de hierro da resultados positivos en el desarrollo de la planta confirmando las conclusiones arribadas en las experiencias anteriores.

Finalmente queremos añadir que basándonos en el conocimiento práctico del problema y resultados en gran cultivo, que nos permitió ver qué ocurría en la práctica, hemos hecho éste planteamiento experimental que nos permitió comprobar nuestra idea fundamental al iniciar el trabajo y que se ha comprobado con éste complementario estudio sobre la soja. Además, conforme a experiencias realizadas paralelamente, hemos comprobado que el Fe-SH ante un estado de clorosis y en concentraciones adecuadas, tiene un poder de recuperación de la planta más rápido que los otros tratamientos citados.

5.- Conclusiones

Las conclusiones del presente trabajo, con el objeto de conferir mayor unidad al conjunto de trabajos y evitar reiteraciones, las hemos presentado junto con las de los anteriores trabajos al final del presente experimento.

4.- CONCLUSIONS GÉNÉRALES

4.- CONCLUSIONES GENERALES

- 1.- Una vez más se confirma la importancia del hierro en el normal desarrollo de la actividad vegetal, comprobando que aún quedan numerosos tópicos por resolver y que son motivo de renovadas líneas de trabajo.
 - 2.- Conforme a los resultados proporcionados por las experiencias realizadas podemos indicar que se han logrado valores de hierro en hoja en niveles normales mediante la aplicación al suelo de una mezcla de sulfato de hierro con materia orgánica y con una regulación adecuada de los riegos. De esta manera con aquellos niveles logrados por estas aplicaciones no se han manifestado signos de clorosis en los cultivos ensayados.
 - 3.- Hemos comprobado un marcado efecto residual del tratamiento citado en un segundo ciclo de las experimentaciones. Esto denota mayor importancia si añadimos a lo dicho hasta aquí que en nuestras experiencias hemos estudiado comparativamente al tratamiento señalado, otro consistente en la aplicación de un quelato de hierro (Fe-EDDHA).
- Si bien el mayor nivel de hierro en hoja corresponde al tratamiento con Fe-EDDHA, al observar los datos de la segunda experiencia (II-2), se puede comprobar que en un segundo año

los niveles de ese nutriente, con éste tratamiento efectuado el año anterior, disminuye con relación a los valores obtenidos en la primera experimentación (II-1).

En cambio cuando se trata con la mezcla de sulfato de hierro y materia orgánica, se mantuvo el nivel original de hierro en hoja y hasta levemente se aumentó en la segunda experiencia (II-2) con relación a la primera (II-1).

Los niveles de hierro en hoja en el caso en que no se aportó éste elemento al suelo, se mantuvieron bajos y deficitarios si consideramos los efectos visuales adversos que se manifestaron en plantas con evidentes signos de clorosis.

- 4.- Se han suministrado además distintos niveles de fósforo y potasio para efectuar un estudio sobre los efectos de estos macronutrientes sobre el cultivo cuando es tratado con los citados métodos de aportar hierro al suelo. Al respecto podemos indicar que el nivel P1 K2 fué el que proporcionó los valores más satisfactorios en todos los tratamientos. Ese nivel de fósforo y potasio que indica una proporción de ambos, junto con el tratamiento con materia orgánica junto con sulfato de hierro, hemos logrado, si bien no los niveles más altos de hierro en hoja, sí los adecuados para que la planta mantenga un normal desarrollo y no se manifiesten signos de clorosis. Esto es en definitiva el objetivo

de todo tratamiento de corrección, o sea restablecer la normalidad.

Por otra parte debemos destacar la ventaja económica que representa la aplicación del método por nosotros estudiado con la aplicación de materia orgánica con sulfato de hierro, frente a la aplicación de Fe-EDDHA, el cual es necesario suministrar en reiteradas oportunidades. Danos particular importancia al hecho de que la citada mezcla permaneció en condiciones de humedad y temperatura durante un cierto tiempo previo a su aplicación.

- 5.- Nuestras experiencias han establecido la eficacia de ese tratamiento sobre el melocotonero (duraznero = *Prunus Pensica*) el que hemos desarrollado sobre un suelo del Valle del río Ebro, zona que manifiesta evidentes signos de clorosis correspondiente a sus características de suelos calizos.
- 6.- En una experiencia complementaria se ha puesto de manifiesto la directa acción de las sustancias húmicas extraídas de la mezcla de materia orgánica (estiércol) con sulfato de hierro, sobre el desarrollo de un cultivo de soja en medio hidropónico, frente a otros tratamientos con quelato de hierro (Fe-EDDHA), complejo orgánico de origen natural (poliflavonóide) y una sal de hierro.

7.- Hemos puesto de manifiesto la importancia del hierro nutriente, relacionándolo con otros que nos ocuparon en su estudio tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, manganeso, cobre y cinc.

De sus estudios se pudo establecer una serie de influencias entre el hierro y esos nutrientes directa o indirectamente.

Las relaciones entre los citados nutrientes y el hierro y en algunos casos entre aquellos, están directamente influenciadas por los tratamientos aplicados.

8.- Hemos también observado la participación del hierro en los procesos de transporte y migración de nutrientes en hoja influenciados por los distintos contenidos foliares y con incidencia sobre la actividad fisiológica del vegetal.

9.- Si bien hemos logrado los objetivos propuestos en un principio, debemos manifestar que el presente plan de tareas y conclusiones significa un aporte a un cúmulo de problemas íntimamente vinculados entre sí y que ofrecen muy importante perspectivas de trabajo desde el punto de vista teórico como de aplicación práctica a la solución de un problema latente como lo es la deficiencia de hierro en vegetales, mas importante cuanto mayor sea su incidencia económica.

5.- RESUMEN

5.- RESUMEN

El problema de la deficiencia de hierro en vegetales que se desarrollan en determinados tipos de suelos denominados calizo, y que da como resultado la llamada clorosis férrica, ha sido motivo de numerosos estudios.

Nuestro propósito, además de hacer un previo estudio de los antecedentes de éste nutriente, era comprobar las ventajas que podía ofrecer la aplicación de materia orgánica (estiercol), mezclada con sulfato ferroso, en determinadas condiciones de humedad y temperatura y el control de los riegos, sobre la citada deficiencia.

Con tal fin se planearon una serie de experimentos en los que se aplicó dicho tratamiento frente a otro con quelato de hierro (Fe-EDDHA) con el objeto de llegar a evaluar también las ventajas de tipo económico frente a éste último.

Las experiencias se desarrollaron en melocotonero (duraznero = *Prunus Persica*), en invernadero, sobre suelo proveniente de la zona del Valle del río Ebro y de un área en que se manifiestan evidentes signos de clorosis férrica.

Con el fin de estudiar el efecto del mantenimiento de los tratamientos (efecto residual), se extendió la experiencia dos ciclos.

Junto con los citados tratamientos, y en forma simultánea, se aplicaron distintos niveles de fósforo y de potasio.

Estos suministros se aplicaron en los dos ciclos, mientras que los tratamientos con hierro solo en el primero.

En un cultivo de soja, en medio hidropónico, en invernadero, se aplicaron las sustancias húmicas de una extracción de la mezcla de materia orgánica (estiércol) con sulfato ferroso; con el fin de confrontarlo en sus efectos ante distintas fuentes de hierro, este tratamiento se aplicó junto con otros de quelato (Fe-EDDHA), complejo orgánico de origen natural, y una sal de hierro (Fe Cl_3).

En cada experimento además del hierro se estudiaron una serie de nutrientes vinculados con él, y las relaciones que éstos tenían con aquel y las establecidas entre sí.

Se pudo así obtener una serie de resultados, que interpretados nos permiten, de manera muy sumaria, concluir que:

- a.- Se comprobó la eficacia del tratamiento materia orgánica (estiércol) con sulfato de hierro, siempre que esta mezcla esté adecuadamente preparada y aplicada con controlados riegos.
- b.- Además de obtener niveles satisfactorios de hierro en hoja de melocotonero, sin signos de clorosis, se demuestra

la ventaja económica frente al quelato de hierro (Fe-EDDA), objetivo logrado de suma importancia práctica.

- c.- En cultivo de soja se comprobó que las sustancias húmicas provenientes de una extracción de la citada mezcla, evidenció resultados positivos frente a otros compuestos, alcanzando igualmente niveles satisfactorios de hierro en hoja.
- d.- Es evidente el efecto positivo que aporta sobre los cultivos utilizados el nivel de fósforo y potasio representado por la relación $P_1 K_2$.
- e.- Se comprobaron las interacciones del hierro con distintos nutrientes, estableciéndose las relaciones más importantes y estudiándose su participación en los procesos de transporte y migración.

6.- ANEXOS

6.- Anexos

6.1.- Breve reseña de los métodos empleados

6.2.- Obtención de sustancias húngicas

6.3.- Métodos y fórmulas de transformación

6.4.- Tablas

6.1.- Breve reseña de los métodos empleados

El propósito de haber dado lugar a éste anexo dentro del conjunto de experimento, es de hacer conocer de forma muy sucinta, cuales fueron los métodos empleados en cada una de las partes del plan de tareas.

No obstante no es la intención de repetir en detalle la metodología utilizada ya que, por otra parte, ésta se encuentra en la bibliografía que se cita.

Vamos, pues a exponer una reseña, que a pesar de no llegar al detalle, entendemos necesaria como complemento importante del trabajo.

Toma de Muestra de suelo.

Para los análisis de fertilidad la toma se hizo con zonda.

Cada muestra está compuesta por 30 submuestras.

Fitt, J. W. y Nelson, W.L., 1956. Advances in Agronomy

8:241-82

Para los análisis del perfil, la muestra se tomo directamente del mismo.

Preparación de la muestra.

Con la excepción de las determinaciones que se deben realizar inmediatamente después de recogida la muestra, como en el caso del hierro ferroso, el suelo fué secado al aire, se rompieron los agregados y se tamizó por malla de 2mm.

Análisis mecánico.

Se utilizó el método de Bouyoucos.

Sección Física del Suelo, Departamento de Fertilidad de

Suelos y Nutrición Vegetal, Inst. de Edafología - Madrid.

La textura fué determinada por los diagramas propuestos por el U.S.D.A.

Soil Survey Staff, 1951. Soil Survey Manual, USDA, Handbook

nº 18.

Medida del pH

Determinación electrométrica de la acidez en pasta saturada con agua y cloruro de potasio normal.

Departamento de Fertilidad de Suelos, Inst. Edafología -
Madrid.

Conductividad.

Determinación de la conductividad eléctrica a 25 °C en el extracto de saturación del suelo con aparato Philips P.R. 9.500.

Departamento de Fertilidad de Suelos, Inst. de Edafología -
Madrid.

Yeso.

Determinación en el extracto de saturación por precipitación con acetona, centrifugación, redisolución en la que se mide la conductividad.

Departamento de Fertilidad de Suelos, Inst. de Edafología
Madrid.

Capacidad de Cambio total.

Método Mehlich con cloruro bórico y trietanolamina a pH 8,2

Departamento de Fertilidad de Suelos, Inst. de Edafología
Madrid.

Carbonatos Totales.

Por calcimetría, tratando el suelos con ácido clorhídrico y midiendo el CO_2 desprendido en un calcímetro de Bernard.

Byssine, 1953. Notions de Pedologie Appliquée. Methodes

D'Analyses, Rabat 1.

Carbonato de Calcio Activo.

Método de Drouineau

Drouineau, G. Dosage rapide du calcaire actif des sols.

Annales Agronomiques nº 13, Dunod edit. París.

Materia Orgánica

Método de Walkley, por oxidación con dicromato y valoración del exceso con sal de Mohr.

Journ. of Agric. Science 1935, 25:598

Nitrógeno.

Método de Kjeldahl de mineralización, y destilación y valoración con aparato de Bouat.

Departamento de Fertilidad de Suelos - Inst. de Edafología -
Madrid.

Fósforo Asimilable.

Método Burriel-Hernando 1947, Anales de Edafol. III: pp543-82

Potasio Asimilable.

Determinación espectrofotométrica de potasio, extraído con solución de acetato amónico a pH 7.

Departamento de Fertilidad de Suelos, Inst. de Edafología -
Madrid.

Calcio Asimilable.

Determinación espectrofotométrica de calcio, extraído con solución de acetato amónico a pH 7

Departamento de Fertilidad de Suelos, Inst. de Edafología -
Madrid.

Magnesio Asimilable.

Determinación espectrofotométrica de magnesio, extraído con solución de acetato amónico a pH 7

Departamento de Fertilidad de Suelos, Inst. de Edafología -
Madrid.

Cloruros.

Determinación en el extracto de saturación con nitrato de plata, con cromato de potasio como indicador

Treadwell, 1958. Química Analítica Cuantitativa, Marín.

Bicarbonatos.

Extracción de los iones CO_3H^- del suelo y posterior neutralización.

U.S.D.A. 1954, Handbook 60:98

Hierro Total.

Digestión con agua regia y perclórico. Determinación espectrofotométrica con o-fenantrolina

Cheng, K.L. y col. 1953, Anal. Chem. 25:247

Estación Experimental del Aula Dei, Zaragoza.

Hierro Ferroso.

Con ácido clorhídrico 1:1 en caliente. Posterior determinación espectrofotométrica con o-fenantrolina.

Bermejo, A. y Prieto, A. 1960 Imp. Sem. Conc. de Compostela, 401

Estación Experimental del Aula Dei, Zaragoza.

Hierro Asimilable.

Tratamiento del suelo con acetato amónico normal de pH 7

Posterior determinación espectrofotométrica con o-fenantrolina

Morgan, 1941. Conn. Agr. Expt. Sta. Bull 450. Idem 1951, 451

Estación Experimental del Aula Dei, Zaragoza.

Toma de Muestra, material vegetal

Preparación de la Muestra.

Ataque de la muestra para su análisis.

Todos éstos pasos fueron ya considerados en los correspondientes aportados de las experiencias anteriores.

Solo cabe recalcar que el ataque por vía húmeda de las muestras se llevó a cabo con ácido nítrico, perclórico y sulfúrico.

Nitrógeno.

Método de Kjeldahl de mineralización de la muestra vegetal, y destilación y valoración con aparato de Bouat.

Departamento de Fertilidad de Suelos, Inst. de Edafología -
Madrid.

Fósforo.

Medida del color azul desarrollado por la acción del ácido mofonolíbico.

Departamento de Fertilidad de Suelos, Inst. de Edafología -
Madrid.

Burriel, F. y Hernando, V. El fósforo en los suelos españoles

I. Contribución a la determinación colorimétrica.

Anales de Edafol. 1947, III, 543-82

Potasio y Calcio.

Determinación espectrofotométrica en el mineralizado.

Magnesio, Hierro, Cobre, Manganeso, Zinc.

Determinación por espectrofotometría de absorción atómica,
con un equipo Perkin-Elmer modelo 403.

Departamento de Fertilidad de Suelos, Inst. de Edafología -
Madrid.

6.2.- Obtención de las sustancias húmicas.

Remitimos para ampliar lo aquí expuesto, a lo indicado en las experiencias anteriores.

Se han pesado 100 gramos de estiercol y se pasan a una botella de boca ancha de aproximadamente un litro.

Se anade 400 cc de hidróxido de sodio 0,1 N. como solución extractante.

Las botellas se colocan en un agitador rotatorio durante una hora y media aproximadamente. Se deja depositar dejando en reposo luego de la agitación.

Se pasa por un tamíz recogiendo el líquido en un vaso de ppdo. Lo que queda en el tamíz se vuelve a extraer dos veces más, repitiendo la operación.

Los líquidos filtrados se centrifugan a 3000 rpm durante quince minutos, desechando lo decantado. El sobrenadante es tratado con ácido sulfúrico 2N hasta llevar a un pH 1 aproximadamente y se deja decantar 12 horas. Se desecha el sobrenadante con los ácidos fúlvicos. La parte inferior es la fracción húmica de nuestro interés.

Hay varios métodos de purificación de la fracción húmica.

Nosotros lo lavamos con agua destilada reiteradas oportunidades, centrifugando cada vez a 4000 rpm y desechando el sobrenadante.

Esta operación se repitió hasta que la fracción depositada de los ácidos húmicos quede en suspensión.

El producto se dializa en bolsas de colodion sumergidas en un recipiente con flujo continuo de agua,. Se repite éste proceso con agua destilada. Se considera terminada la operación cuando un análisis flamométrico no acuse más de dos gamas de sodio por centímetro cúbico.

El contenido de las bolsas de colódion se guardan en frascos opacos, evitando la luz y en cámara a baja temperatura.

6.3.- Métodos y fórmulas de transformación.

Conversión de los contenidos

a.- por ciento a m.a. por 100 gramos de materia seca.

$$\text{m.a./100 gr.} = \frac{1000 \cdot A}{P_a} \quad A = \text{conc. en } \%$$

b.- por mil a m.a. por cien gramos de materia seca.

$$\text{m.a./100 gr.} = \frac{100 \cdot B}{P_a} \quad B = \text{conc. en por mil}$$

c.- partes por millón a m.a. por 100 gramos de materia seca

$$\text{m.a./100 gr.} = \frac{C}{10 \cdot P_a} \quad C = \text{conc. en ppm}$$

6.4.- Tablas.

EXPERIMENTO M-1 - CONTENIDO DE NUTRIENTES EN MATERIA FOLIAR SECA

	Fe ppm	N %		P %		K %		Ca %		
P ₁ K ₁	42	49	3,65	3,62	0,147	0,147	1,72	1,66	2,61	2,61
	37	46	3,59	3,62	0,154	0,147	1,76	1,67	2,61	2,62
	38	47	3,65	3,61	0,151	0,148	1,75	1,72	2,56	2,60
	39	47	3,63	3,61	0,151	0,147	1,74	1,68	2,59	2,61
P ₁ K ₂	45	53	3,72	3,65	0,134	0,130	1,81	1,80	2,42	2,44
	49	58	3,71	3,70	0,140	0,136	1,77	1,73	2,47	2,50
	46	54	3,66	3,66	0,131	0,130	1,84	1,77	2,36	2,46
	46	55	3,69	3,67	0,135	0,132	1,79	1,76	2,41	2,46
P ₂ K ₁	37	44	3,81	3,84	0,166	0,164	1,80	1,77	2,73	2,78
	32	41	3,82	3,80	0,168	0,158	1,77	1,71	2,62	2,71
	40	47	3,85	3,78	0,160	0,159	1,81	1,76	2,66	2,66
	36	44	3,82	3,80	0,164	0,160	1,79	1,74	2,67	2,70
P ₂ K ₂	40	47	3,80	3,76	0,153	0,148	1,94	1,94	2,58	2,64
	38	49	3,73	3,76	0,159	0,150	1,89	1,87	2,51	2,55
	49	54	3,78	3,75	0,153	0,150	1,89	1,83	2,63	2,66
	42	50	3,77	3,77	0,155	0,149	1,90	1,88	2,58	2,61

EXPERIMENTO M-1 - CONTENIDO DE NUTRIENTES EN MATERIA FOLIAR SECA

	Mg		Mn		Cu		Zn	
	g		ppm		ppm		ppm	
P ₁ K ₁	0,46	0,47	8	11	16	10	4	6
	0,40	0,41	8	12	15	15	11	10
	0,46	0,46	14	15	15	10	18	15
	0,44	0,44	10	12	15	11	11	10
P ₁ K ₂	0,48	0,50	12	20	11	12	21	23
	0,43	0,45	10	10	14	10	27	28
	0,46	0,46	17	18	15	11	14	13
	0,45	0,47	13	16	13	11	20	21
P ₂ K ₁	0,44	0,48	10	12	13	12	16	13
	0,46	0,54	9	11	17	18	20	13
	0,53	0,50	15	16	15	11	7	8
	0,47	0,50	11	13	15	10	14	11
P ₂ K ₂	0,50	0,48	11	16	15	13	18	16
	0,43	0,44	6	10	21	15	14	14
	0,45	0,49	4	10	19	20	20	16
	0,46	0,47	9	12	18	16	17	15

EXPERIMENTO M-1 - CONTENIDO DE NUTRIENTES EN MATERIA FOLIAR SECA

FeSO ₄ +M.O.	Fe ppm	N %	P %	K %	Ca %					
P ₁ K ₁	84	86	2,85	2,83	0,119	0,112	1,36	1,30	3,26	3,30
	78	82	2,89	2,81	0,117	0,111	1,43	1,42	3,31	3,34
	77	89	2,80	2,76	0,113	0,107	1,43	1,33	3,27	3,33
	79	82	2,84	2,80	0,116	0,110	1,40	1,35	3,28	3,32
P ₁ K ₂	94	103	2,96	2,91	0,117	0,112	1,56	1,53	3,11	3,19
	100	104	2,90	2,90	0,117	0,111	1,62	1,58	3,05	3,10
	95	96	2,94	2,88	0,112	0,110	1,61	1,57	3,02	3,02
	96	101	2,93	2,89	0,115	0,111	1,59	1,56	3,06	3,10
P ₂ K ₁	76	83	3,00	2,89	0,125	0,126	1,52	1,47	3,37	3,39
	74	75	2,94	2,94	0,125	0,120	1,53	1,47	3,40	3,44
	66	72	2,93	2,84	0,127	0,120	1,48	1,44	3,36	3,46
	72	76	2,95	2,89	0,125	0,122	1,51	1,46	3,37	3,43
P ₂ K ₂	83	88	3,01	3,01	0,120	0,122	1,69	1,58	3,22	3,21
	85	88	3,10	3,01	0,121	0,119	1,70	1,64	3,27	3,26
	90	93	3,09	3,05	0,118	0,110	1,69	1,60	3,27	3,28
	86	89	3,06	3,02	0,119	0,117	1,69	1,61	3,25	3,25

EXPERIMENTO M-1 - CONTENIDO DE NUTRIENTES EN MATERIA FOLIAR SECA

312

FeSO₄+M.O.

P₁K₁

Mg %	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm
0,30	0,34	24	24
0,30	0,35	23	20
0,27	0,30	19	24
0,29	0,33	22	22

P₁K₂

0,30	0,39	30	31	13	11	35	23
0,30	0,33	33	33	12	7	29	30
0,30	0,30	33	35	10	9	26	25
0,30	0,34	32	33	11	9	30	26

P₂K₁

0,36	0,39	26	29	12	8	30	30
0,24	0,32	23	26	14	10	25	30
0,31	0,33	21	30	14	11	34	35
0,30	0,34	26	28	13	9	29	31

P₂K₂

0,31	0,32	26	27	14	11	21	25
0,22	0,27	21	22	14	14	16	15
0,25	0,28	21	22	10	14	20	20
0,25	0,29	22	25	12	13	19	20

EXPERIMENTO M-1 - CONTENIDO DE NUTRIENTES EN MATERIA FOLIAR SECA

Fe-EDDHA	Fe ppm	N %	P %	K %	Ca %					
P ₁ K ₁	195	198	2,60	2,51	0,116	0,110	1,20	1,10	3,28	3,35
	203	209	2,60	2,50	0,115	0,110	1,09	1,08	3,30	3,38
	192	196	2,56	2,49	0,110	0,109	1,21	1,14	3,41	3,44
	196	200	2,58	2,50	0,113	0,109	1,16	1,10	3,33	3,39
P ₁ K ₂	221	226	2,77	2,64	0,115	0,110	1,48	1,41	3,25	3,21
	223	225	2,74	2,57	0,110	0,110	1,48	1,40	3,14	3,21
	204	209	2,83	2,66	0,112	0,110	1,39	1,41	3,08	3,17
	216	220	2,78	2,62	0,112	0,110	1,45	1,40	3,15	3,19
P ₂ K ₁	177	178	2,70	2,60	0,119	0,117	1,36	1,17	3,50	3,60
	174	180	2,67	2,69	0,123	0,115	1,23	1,26	3,51	3,52
	186	191	2,72	2,60	0,116	0,115	1,28	1,20	3,39	3,43
	179	183	2,69	2,63	0,119	0,115	1,29	1,21	3,46	3,51
P ₂ K ₂	200	206	2,65	2,70	0,129	0,126	1,50	1,50	3,20	3,20
	194	204	2,77	2,70	0,128	0,124	1,58	1,54	3,27	3,30
	203	204	2,72	2,71	0,125	0,125	1,66	1,45	3,28	3,31
	199	204	2,71	2,70	0,127	0,125	1,58	1,49	3,25	3,27

Fe-EDDHA	Mg %	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm			
P ₁ K ₁	0,34	0,33	29	11	8	20	19
	0,26	0,27	27	13	7	23	22
	0,31	0,32	33	7	7	23	21
	0,30	0,30	27	10	7	22	20
P ₁ K ₂	0,29	0,32	40	10	9	35	25
	0,36	0,37	39	16	11	32	23
	0,34	0,37	36	13	6	28	27
	0,33	0,35	38	13	8	31	25
P ₂ K ₁	0,37	0,37	25	12	13	25	23
	0,35	0,36	45	11	11	28	25
	0,32	0,37	26	9	6	28	28
	0,34	0,36	32	10	10	28	25
P ₂ K ₂	0,31	0,34	35	12	8	25	23
	0,30	0,34	25	15	9	32	28
	0,30	0,32	29	6	8	21	21
	0,30	0,33	29	11	8	27	24

EXPERIMENTO M-2 - CONTENIDO DE NUTRIENTES EN MATERIA FOLIAR SECA

	Fe ppm	N %		P %		K %		Ca %	
P ₁ K ₁	31	38	4,46	4,39	0,228	0,192	1,96	1,82	2,99
	49	48	4,38	4,24	0,203	0,175	1,87	1,74	3,15
	44	48	4,38	4,26	0,212	0,181	1,88	1,68	2,97
	41	44	4,40	4,29	0,214	0,182	1,90	1,74	3,10
P ₁ K ₂	51	51	4,09	4,14	0,202	0,178	1,80	1,71	2,86
	40	50	4,18	4,18	0,181	0,171	1,92	1,90	2,99
	54	55	4,13	4,21	0,189	0,160	1,88	1,74	2,96
	48	52	4,13	4,17	0,190	0,169	1,86	1,78	2,93
P ₂ K ₁	19	27	4,33	4,36	0,264	0,195	1,79	1,65	2,81
	36	34	4,40	4,42	0,264	0,234	1,60	1,60	2,92
	35	36	4,49	4,45	0,278	0,222	1,69	1,61	2,70
	30	32	4,40	4,41	0,268	0,217	1,69	1,62	2,81
P ₂ K ₂	40	36	3,82	2,74	0,187	0,187	1,81	1,87	2,71
	29	34	3,87	2,65	0,173	0,175	1,89	1,89	2,71
	39	39	3,76	2,61	0,170	0,174	1,98	1,94	2,67
	36	36	3,81	3,66	0,176	0,178	1,89	1,90	2,69

EXPERIMENTO M-2 - CONTENIDO DE NUTRIENTES EN MATERIA FOLIAR SECA

316

	Mg %	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm
P ₁ K ₁	0,71	16	32	13
	0,52	20	24	22
	0,39	26	27	16
	0,54	20	27	17
P ₁ K ₂	0,50	26	30	28
	0,57	23	18	23
	0,48	21	22	15
	0,51	23	20	22
P ₂ K ₁	0,60	19	28	20
	0,59	11	24	26
	0,52	16	24	27
	0,57	15	25	24
P ₂ K ₂	0,40	15	20	24
	0,54	10	27	14
	0,51	17	23	19
	0,48	14	23	19

EXPERIMENTO M-2 - CONTENIDO DE NUTRIENTES EN MATERIA FOLIAR SECA

FeSO ₄ +M.O.	Fe		N		P		K		Ca	
	ppm		%		%		%		%	
P ₁ K ₁	84	85	3,09	3,14	0,130	0,126	1,82	1,55	3,33	3,27
	78	89	3,14	3,18	0,146	0,144	1,86	1,70	3,23	3,39
	94	90	3,07	3,10	0,139	0,140	1,61	1,62	3,12	3,28
	85	88	3,10	3,14	0,138	0,136	1,76	1,62	3,22	3,31
P ₁ K ₂	101	104	2,80	2,61	0,159	0,153	1,69	1,67	3,41	3,36
	94	106	2,86	2,50	0,152	0,140	1,78	1,71	3,33	3,30
	110	120	2,87	2,54	0,160	0,161	1,88	1,82	3,26	3,30
	103	110	2,85	2,55	0,157	0,151	1,81	1,73	3,33	3,32
P ₂ K ₁	79	88	3,29	3,09	0,164	0,192	1,51	1,59	3,54	3,56
	84	85	3,19	3,16	0,173	0,159	1,76	1,73	3,39	3,48
	71	79	3,24	3,16	0,156	0,156	1,62	1,66	3,45	3,49
	78	84	3,24	3,13	0,164	0,169	1,65	1,66	3,46	3,51
P ₂ K ₂	70	77	2,86	2,82	0,142	0,134	1,74	1,72	3,32	3,38
	92	97	2,80	2,76	0,140	0,131	1,86	1,80	3,26	3,38
	78	82	2,72	2,60	0,131	0,121	1,65	1,69	3,31	3,43
	80	82	2,79	2,72	0,137	0,128	1,75	1,73	3,29	3,39

FeSO ₄ +M.O.	Mg %	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm
P ₁ K ₁	0,39	0,41	22	19
	0,36	0,48	12	16
	0,34	0,40	16	13
				38
				26
	0,36	0,43	16	30
				21
P ₁ K ₂	0,48	0,49	20	17
	0,47	0,37	18	17
	0,39	0,51	11	11
				30
				28
	0,44	0,45	16	15
				26
				25
P ₂ K ₁	0,32	0,41	22	23
	0,38	0,41	17	18
	0,33	0,39	20	15
				37
	0,34	0,40	19	18
				33
				34
P ₂ K ₂	0,32	0,34	16	14
	0,38	0,42	19	15
	0,46	0,42	21	17
				30
				26
	0,38	0,39	18	15
				29
				26

EXPERIMENTO M-2 - CONTENIDO DE NUTRIENTES EN MATERIA FOLIAR SECA

Fe-EDDHA	Fe ppm	N %	P %	K %	Ca %				
P ₁ K ₁	127	144	2,60	0,120	0,126	1,89	1,81	3,19	3,26
	122	136	2,71	0,121	0,126	1,80	1,75	3,26	3,41
	130	134	2,63	0,134	0,136	1,72	1,63	3,13	3,30
	126	138	2,64	0,125	0,129	1,80	1,73	3,21	3,32
P ₁ K ₂	185	190	2,52	0,137	0,133	1,58	1,41	3,27	3,34
	174	197	2,58	0,128	0,131	1,57	1,33	3,32	3,45
	187	199	2,68	0,133	0,134	1,66	1,56	3,30	3,38
	182	196	2,59	0,132	0,132	1,60	1,43	3,29	3,39
P ₂ K ₁	139	148	3,21	0,134	0,126	1,57	1,56	3,32	3,33
	171	166	3,07	0,138	0,121	1,50	1,61	3,37	3,41
	152	161	3,09	0,151	0,138	1,48	1,48	3,35	3,36
	154	158	3,12	0,141	0,128	1,51	1,55	3,34	3,36
P ₂ K ₂	130	148	2,58	0,141	0,140	1,64	1,62	3,16	3,26
	121	138	2,31	0,129	0,127	1,78	1,71	3,13	3,22
	146	167	2,39	0,134	0,128	1,76	1,69	3,22	3,31
	132	151	2,42	0,136	0,131	1,72	1,67	3,17	3,26

320

320

7.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- ABADIA, A., 1956. La formación de clorofila en casos de deficiencia inducida de hierro.
An. Aula Dei 4: 212-261
- 2.- AGARWALA, S. C. y MEHROTA, N. K. 1963. Mineral nutritional disorders of plant in Uttar Pradesh. I. The deficiency hucknow and its neighborhood.
J. Indian Soc. Soil Sci. 11: 51-63
- 3.- AULA DEI. 1971. Estación de Meteorología. Zaragoza.
- 4.- BENNET, J. P., 1945. Iron in leaves
Soil Sci. 60: 91-105
- 5.- BALLS, E. G., 1942. Biological oxidations and reductions.
Ann. Rev. Biochem. 11: 1-25
- 6.- BROWN, J. C. and HOLMES, R. S., 1956. Soil Sci. 82: 507-519
- 7.- BROWN, J. C., 1956. Ann. Rev. of Plant Physiol.. 7: 171-190
- 8.- BROWN, J. C., 1956. Iron chlorosis. Ann. Rev. Plant Physiol.. 7: 171
- 9.- BROWN, J. C. y col. 1955. Iron, the limiting element in a clorosis.
Plant Physiol. 30: 457-62
- 10.- BROWN, J. C., 1961. Iron chlorosis in plants.
Advances in Agron. Vol. 13: 329-369
- 11.- BROWN, J. C. y col. 1959. Soil Sci. Am. Proc. 23: 231-234
- 12.- BROWN, J. C., HOLMES, R. S. y TIFFIN, L. O. 1959. Hypotheses concerning iron chlorosis. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 23: 231-234
- 13.- BRINDLEY, G. W., 1961. "X-ray identification and crystal structures of clay minerals" 2nd edition, Pub miner. Soc. (Clay Miner. Group) London
- 14.- BIDDULPH, O. y WOODBRIDGE, C. G. The uptake of phosphorus by bean plants with particular reference to the effects of iron
Plant Physiol. 27: 431 (1952)

- 15.- BIDDULPH, O. The translocation of minerals in plants. Mineral Nutrition of Plants, The University of Wisconsin Press (1953)
- 16.- BOLLE-JONES, E. W. The interrelationships on iron and potassium in the potato plant. Plant and Soil 6: 129 (1955)
- 17.- BOULD, C. 1955. Chelated iron compounds for the correction of lime induced chlorosis in fruit. Nature, 175: 90-91
- 18.- BLOOMFIELD, C., (1957) The possible significance of polyphenols in soil formation. J. Sci. Food Agr. 8: 389-392
- 19.- BLOOMFIELD, C., (1958) Mobilization of iron in podzol soils by aqueous leaf extracts. Chem. y Ind. (London) n° 9 pp 259-260
- 20.- BURK, D. y col. 1952. Iron in relation to the stimulation of growth by humic acid. Soil Sci. 33, 413
- 21.- CAIN, J. C. 1954 Blueberry chlorosis in relation to leaf pH and mineral composition. Proc. of the Ann Soc. for Hort. Sci. 64: 61-70
- 22.- CARPENA, O., 1965 Contribución al conocimiento de la clorosis férrica en citrus (Tesis)
- 23.- CARPENA, O. 1966 Contribución al conocimiento de la clorosis férrica en citrus. Publicación del CFBAS
- 24.- CARPENA, O. y col. 1959 La estructura de los cloroplastos de hojas de citrus. Anales de Edafol. y Fisiol. Vegetal. 18: 329-346
- 25.- CARPENA, O., ORTUÑO, A. y Llorente, S. Nuevas orientaciones en los tratamientos curativos de deficiencia de hierro. Anal. Edaf. y Agrob. 24, 179-192 (1965)
- 26.- CALABRESE, F., La clorosi ferrica delle piante. Frutticoltura. 27, 341 (1965)
- 27.- COOPER, W. C. y PEYNODO, A., 1955 Experimental control of iron chlorosis of citrus in some Rio Grande Valley soils with chelated iron and with gypsum. Proc. Rio Grande Valley Hort. Inst. 9, 79-85

- 28.- COULSON, C. B., DAVIES, R. I. y LEWIS, D. A. (1960). Polyphenols in plants, humus and soil. Part I. J. Soil Sci. 11, 20-29
- 29.- COULSON, C. B., DAVIES, R. I. y LEWIS, D. A. (1960). Polyphenols in plants, humus and soil. Part II. J. Soil Sci. 11, 30-44
- 30.- CORNFIELD, A. H. y POLLARD, A. G., 1950. J. Soc. Food Am. 107-109
- 31.- CENTRO EXPERIMENTAL DEL AULA DEI. Sección Meteorología. 1971
- 32.- CHARLOT, G. 1949 Theorie et methode nouvelle d'analyses quantitative - Masson et cia - París
- 33.- CHAPMAN, H. D. 1961 Plant analysis and fertilizer problems W. Reuther ed. 75-106
- 34.- CHABEREK, S. y MARTELL, A. E. 1955 Interaction of divalent metals ions with HEDTA. J. Am. Chem. Soc. 77, 1477
- 35.- CHABEREK, S. y BERSWORTH, F. C., 1953 New chelating agents for trivalent iron. Science 118-280
- 36.- CHAMINODE, R. et BLANCHET, R., 1953 Recherches sur le role de la matiere organique dans la fertilite des sols. Ann. Agro. 399
- 37.- CHAMINODE, R., 1952 Recherches sur le role de la metiere organique dans la fertilité des sols. Influence de l'humus sur la nutrition minerale des végétaux. Ann. Agr. 1, 95-104
- 38.- CHAMINODE, R., 1960 Experimentation en petits vases de végétation Types d'essais pour tester l'efficacité des engrais humiques. Ann. Agr.. 1, 121-133
- 39.- CHAMINODE, R. et BLANCHET, R., 1951 Action de l'humus colloidal sur la nutrition minerale des végétaux. C. R. Ac. Sc. 233, 1486
- 40.- CHAMINODE, R. et BLANCHET, R., 1952 Influence de l'humus sur la nutrition minerales de la plante dans le sol. C. R. Ac. Sci 234, 878
- 41.- CHAMINODE, R., 1944. Les formes du phosphore dans le sol. Nature el role des complexes phospho-humiques. Ann. Agr. 1, 1-53
- 42.- DAVENPORT, H. E. and HILL, R., 1952 The preparation and some properties of cytochrome. Proc. of the Roy. Soc. 139: 327-345

- 43.- DIEZ ALTARES, M. C., 1958 Fotodescomposición de clorofila en casos de deficiencia de hierro. An. Aula Dei 6(21): 1-80
- 44.- DE VILLIERS, J. I. y BEYERS, C. J., 1961 Plant analysis and fertilizer problems. Ed. W. Reuther 107-119
- 45.- DUCHANFOUR, P. H., 1960. Précis de Pedologie. Masson. París
- 46.- DE KOCK, P. C. Iron nutrition of plants at high pH. Soil Sci. 79, 167-175 (1955)
- 47.- DE KOCK, P. C. y col. 1960 A relation between the ratios of phosphorus to iron and potassium to calcium in mustard leaves. Plant and Soil XII 128-142
- 48.- DE KOCK, P. C., 1955. Influence of humic acids on plant growth. Science 121, 473
- 49.- DEMOLON, A., 1952. Guide pour l'étude expérimentale du sol. París
- 50.- EYSTER, W. H., 1928. Protochlorophyll - Sci 68: 569-570
- 51.- FISCHER, N., 1931. Nobelstiftelsen 1-22 Stockholm
- 52.- FERNANDEZ, F. G. y col, 1965. Evolución anual de nutrientes en hojas de frutales. I. Albaricoquero. Anal. de Edaf. y Agrobiol. 24, 79-89
- 53.- FERNANDEZ, F. G. y col, 1965. Evolución anual de nutrientes en hojas de frutales. II. Melocotonero. Anal. de Edaf. y Agrobiol. 24, 91-102
- 54.- FICHERA, P., La clorosi ferrica de calcare nei terreni agrumiferi della Sicilia orientale. Agrochimica. 12, 522-530 (1968)
- 55.- FORD, H. W., STEWART, I. y LEONARD, C. D., 1954. The effect of iron chelate on root development of citrus. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 63, 81-87
- 56.- FORSTER, W. A., 1954. Toxic effects of heavy metals on crop plants grown in soil culture. Ann. Appl. Biol. 41, 637-651
- 57.- FLAIG, W., 1954. Über die Einwirkung von chemischen Verwandten von Huminsäure vorstufen auf das Längenwachstum von Wurzeln; Landb, Tldjsh, 66, 365-374

- 58.- FLAIG, W. y SOCHTIG, H., 1962. Einfluss organischer Stoffe auf die Aufnahme Anorganischer Ionen. *Agrochimica*, VI, 251
- 59.- FLAIG, W., 1959. Sobre la formación del humus y su influencia sobre el crecimiento de las plantas. *An. Edaf. XVIII*, nº 7 y 8.
- 60.- GRISS, E., 1843. De l'action des composés ferrugineux solubles appliquées a la vegetation et speciellement en traitement de la chlorose et de la debilité des plantes. *C. R. Ac. Sci. (Paris)* 17, 679-690
- 61.- GRANICK, S., 1948. Proto-porphyrin - 9 as a precursor of chlorophyll. *J. Biol. Chem.* 172, 717-727
- 62.- GRANICK, S. and GILDER, H., 1947. Distribution, structure and properties of the tetrapyrroles. *Adv. in Enzymol.* 7, 305-364
- 63.- GERICKE, W. F., 1925. *Botan Gaz* 79, 106-108. (ver *Adv. in Agron.* 4, 221-177)
- 64.- HOPKINS, E. F., 1930. Iron-ion concentration in relation to growth and other biological processes. *Bot. Gaz.* 89, 209-240
- 65.- HILL, R. and HARTREE, E. F., 1953. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 4, 11
- 66.- HILL, R., 1949. Trace elements in relation to enzymes. *Brit. Comm. Sci. Plant Nutrition - Australia*
- 67.- HILL, R. and SCARISBRICK, R., 1951. The haematin compounds of leaves. *New phytologist.* 50, 98-111
- 68.- HOYOS DE CASTRO, A., 1947. *Mineralogía*, Ventura - Granada
- 69.- HILL, R. and LEHMANN, M., 1941. *Biochem. Jour.* 35, 1190-1199
- 70.- HEWITT, E. J., 1949. *Brit. Sci. New.* 2, 254
- 71.- HAAS, A.R.C., 1942. *Plant Physiol.* 17, 2751
- 72.- HAERT, E. J., 1958. Chelation and fertilizer solutions. *Com. Fert.* 96, 23-6
- 73.- HOLMES, R. S. y BROWN, J. C., 1955. Chelates as correctives for chlorosis. *Soil Sci.* 80, 167-179
- 74.- HIGDON, R. J., 1956. Chelates for iron chlorosis. *Western Fruit Grower* 10 (2)

- 75.- HILL-COTTINGHAM, D. G. y col, 1957. Behaviour of iron chelates in calcareous soils. Plant and Soil, 8, 263-274
- 76.- HILL-COTTINGHAM, D. G., 1955. Photosensitivity of Fe chelates. Nature, 175, 347-348
- 77.- HALE, V. Q. y WALLACE, A., 1959. The effects of Different Chelating agents on CO₂ Fixation Reactions. Proc. Am. Soc. Hort. Sci 74, 358-366
- 78.- HEM, J. D. y CROPPER, W. H., 1959. Survey of ferrous-ferric chemical equilibria and redox potential. Water Supply paper U.S. Geol. Survey 1459 A, 1-31
- 79.- HERNANDO, V. y SANCHEZ CONDE, P. Influencia de la relación Ca/K del suelo en el desarrollo de la clorosis férrica. Potassi Symp. Madrid 127 (1958)
- 80.- HERNANDO, V. , SANCHEZ CONDE, P. y ORTEGA, B. C. (1969). Acción de humato sódico sobre el desarrollo de diversas plantas. Anales de Edaf. y Agrob. 28, 791-809
- 81.- HEWITT, E. J. y BOLLE-JONES, E. W. Studies in iron deficiency of crops Z Preliminary experiments on the interrelationships of iron and potassium in the potato plant. J. Hort. Sci. 28, 185 (1953)
- 82.- HOFF, D. J. and MEDERSKI, H. J., 1958. The chemical estimation of plant available soil manganese. Soil Sci. Soc. of Am. Proc. 22, 129-132
- 83.- HOAGLAND, D. R. y ARNON, D. I. (1950) California Agricultural Experiment Station Circular 347
- 84.- IODOLETTI, A., 1938. Influence of the pyrrole nucleus upon the formation of chlorophyll. Boll. Chim. Farm., 77, 609-610
- 85.- IRI, H. y col. 1957. Variation of ferrous iron content and soil profiles under flooded rice field I. Soil and Food, 3, 36-47
- 86.- JACOBSON, L., 1945. Iron in leaves and chloroplast of some plants in relation to their chlorophyll content. Plant Physiol. 20, 233-245
- 87.- JACKSON, W. A. y COLEMAN, N. T., 1959. Iron absorption by bean roots and organic acids changes brought about through CO₂ fixation. Soil Sci., 87, 311-319

- 88.- JEFFREYS, R. A., HALE, V. Q. y WELLACE, A., 1961. Uptake and translocation in plants of labeled iron and labeled chelating agents. *Soil Sci.*, 92, 268-73
- 89.- JONES, G. B. y col., 1959. Spectrophotometric determination of Vanadium in plant. *Anal. Chem.*, 31, 1344-1347
- 90.- KOSKI, V. M., 1950. Chlorophyll formation in seedlings of *Zea Mays* I, *Arch. Biochem.* 29, 339-343
- 91.- KROLL, H., 1957. The ferric chelate EDDHA for treatment of lime induced chlorosis. *Soil. Soc.* 84, 51-53
- 92.- KROLL, H., KRELL, M., POWERS, J. y SIMONIAN, J., (1957). A phenolic analog of EDTA. *J. Am. Chem. Soc.*, 79, 2024
- 93.- KORMAN, S. The differentiation of onemia in man with an iron chelat Metal Binding in Medicine, Philadelphia. Lippincott pp 230-240. 1960
- 94.- KUBIENA, W. L., 1952. Clave sistemática de suelos. C.S.I.C.
- 95.- KONONOVA, M. M., 1961. Soil Organic Matter, Pergamon Press
- 96.- KONONOVA, M. M., 1966. Soil Organic Matter. Pergamon Press 2nd Ed.
- 97.- KHADR, A. y WELLACE, A., 1964. Uptake and translocation of radioactive iron and zinc by trifoliolate orange and rough lemon. *Am. Soc. Hort. Sci.* 85, 189-200
- 98.- KIRSCH, R. K., HARWARD, M. E. and PETERSEN, R. G., 1960. Interrelationships among iron, manganese and molibdenum in the grown and nutrition of tomatoes. *Plant and Soil* XII - n° 3 259-275
- 99.- KUYKENDALL, J. R. y col., 1957. Response of chlorotic citrus trees in Arizona to soil applications of iron chelates. *Soil Sci.* 84, 77-86
- 100.- LINDER, R. C. y HARLEY, C. P., 1944. Nutrient interrelations in lime induced chlorosis. *Plant Physiol.* 19, 420-444
- 101.- LUNDERGARDH, H., 1954. The oxidation of cytochrome of- by light. *Physiol. Plant*, 7, 375-382
- 102.- LEHMAN, P. S., 1963. Some principles of chelation chemistry. *Am. Soc. Sci. Proc.* 27, 167
- 103.- LEONARD, C. D. y STEWARD, I., 1953. Chelated iron as a corrective for lime-induced chlorosis in citrus. *Proc. Florida Sta. Hort. Soc.*, 66, 49-54

- 104.- LUNDEGARDH, H. Leaf Analysis (Trad. R. L. Mitchell) London 1951
- 105.- MULDER, E. G. y col. 1952. Soil manganese in relation to plant growth. *Advanc. in Agron.*, 4, 221-272
- 106.- MILAND, J., 1924. The distribution of iron in chlorotic pear trees. *Proc. Am. Soc. Physiol.* 19, 420-440
- 107.- MILLER, D. F., 1958. *Natl. Acad. Sci. Natl. Research Council*, 585
- 108.- MILLER, G. W. y THORNE, D. W., 1956. Effect of Bicarbonate ion on the respiration of excised roots. *Plant Physiol.* 31, 151-155
- 109.- MILLER, G. W., BROWN, J. C. y HOLMES, R. S., Chlorosis in soybean as related to iron, phosphorus, bicarbonate and cytochrome oxidase activity. *Plant Physiol.*, 35, 619-625
- 110.- MORTENSEN, J. L. (1963). Complexing of metals by rod organic matter. *Proc. Soil. Sci. Soc. Amer.*, 27, 179-186
- 111.- MARTELL, A. E. y CALVIN, M. *Chemistry of the Metal Chelate Compound* Prentice-Hall, Inc., New York
- 112.- McGEORGE, W. T., 1948. Micro and Macronutrients interrelations in lime induced chlorosis. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 13, 200-204
- 113.- NICHOLAS, D. J. D. (1949). *J. Hort. Sci.* 25, 60
- 114.- ODDO, B. y POLLACCI, G., 1920. *Gazz. Chim. Ital.* 45, 197-200
- 115.- OSERKOWSKY, J., 1933. Quantitative relations between chlorophyll and iron in green and chlorotic pear leaves. *Plant Physiol.* 8, 449-468
- 116.- OLSON, R. V., 1947. *Soil Sci. Amer. Proc.* 12, 153-157
- 117.- OLSEN, C. Iron absorption and chlorosis in green plants. *Compt. rend. trav. lab. Carlsberg Ser. Chim.* 21, 15-52 (1935)
- 118.- ORTEGA, B. C., HERNANDO, V. y SANCHEZ CONDE, P. 1968. Diferencias entre las acciones del ácido húmico extraído de un estiércol y el extraído de una turba, sobre las plantas de maíz. *Isotopes and radiatio in Soil Organic Matter Studies*
- 119.- ORTEGA, B. C. 1966. Efectos del ácido húmico y de su sal sódica sobre diversos cultivos. Tesis doctoral. C.S.I.C. España

- 120.- POLLACCI, G. y ODDO, B., 1915. Influence of the pyrrole nucleus upon the formation of chlorophyll. Gazz. Chim. Ital. 45, 197-200
- 121.- PRAT, S. y POSPISILF (1959) Humic acids with C¹⁴. Biolog. Plant 1 (1) 71-80
- 122.- POLLACCI, G., 1935. Ber. d. Bot. Ges. 53, 540-542
- 123.- PIPER, C. S. Soil and Plant Analysis (1950)
- 124.- RUSSO, F. y RACIATI, G., 1954. Técnica Agrícola, 3, 47-75
- 125.- ROACH, W. A., 1939. Ann. Bot. Lond. 3, 155-226
- 126.- REUTHER, W. y SMITH, P. F., 1954. Leaf analysis of citrus chap 7 in Fruit Nutrition. Norman Childers ed. 257-294
- 127.- ROTINI, O. T. The complesse interazioni della clorosi da ferro. Ital. Agr. 94, 217 (1957)
- 128.- ROACH, W. A. y ROBERTS, W. O. (1945). Imper. Bur. of Hort. and Plant. Crops Techn. Comm. n° 16
- 129.- ROSE, T. H. y DERMOTT, W., 1962. The control of the deficiency in fruit trees by chelated the compounds. Soil Hert. 25 Abs n° 3.493
- 130.- RUIZ-AMIL, M. y FLAIG, W. 1960. Influencia de la timohidroquinina sobre el metabolismo de ácidos orgánicos y sobre la respiración de las plantas. Anales Edaf. y Agrob. XIX N° 11
- 131.- ROULETE, M. A. y SCHOFFER, W. H., 1950. Les vitamines du sol et leur signification. 4° C. R. Congr. Inst. Sc. Sol. Amsterdam I. 203, 204
- 132.- SACHS, J. 1960. Landwirtsch. Vers. Sta. 2, 22
- 133.- STEWART, I. y LEONARD, C. D., 1952. Science 116, 546-566
- 134.- STEWART, I. y LEONARD, C. D., 1954. Fruits Nutrition (ver Horticultural Public., New Brunswick N.J. 907 pp)
- 135.- SCHATZ, A. y col. 1964. Soil organic matter as a natural chelating material. I. The chemistry of chelation. Comp. Sci. 25-8
- 136.- SEGALLEN, P., 1964. Le fer dans les sols ORSTOM
- 137.- SMITH, P. F. and SPECHT, A. W. Heavy metal nutrition and iron chlorosis of citrus seedlings. Plant Physiol. 23, 371 (1953)

- 138.- SCHEFFER, 1944. Las formas del humus y su clasificación con la fertilidad del suelo
- 139.- SHMUK, A. A. (1930). The chemical nature of soil organic matter. Byull Pochvoveda, 5-7
- 140.- STEWART, I. y LEONARD, C. D. (1952). Iron chlorosis - its possible causes and control. Citrus Mag. 14, 22-25
- 141.- STEWART, I., 1963. Chelation in the absorption and translocation of mineral elements. Annual Review of Plant Physiol. 14
- 142.- STEWART, I. y LEONARD, C. D. (1957) Use of chelates in citrus production in Florida. Soil Sci. 84, 87-97
- 143.- SCHATZ, A., CHERONIS, N. D., SCHATZ, V. y TRELAWNY, G. S. Chelation (sequestration) as biological weathering factors in pedogenesis. Proc. Penna. Acad. Sci. 28, 44-51
- 144.- SKOCHDOPOLE, R. y CHABEREK, S. 1958. Interaction of iron with HEDTA J. Am. Chem. Soc. 79
- 145.- SCHWARZENBACH y ACKERMANN, 1947. Helv. Chim. Acta, 30, 1798
- 146.- SCHWARZENBACH y ACKERMANN, 1948. Helv. Chim. Acta, 31, 1029
- 147.- SCHWARZENBACH y ACKERMANN, 1951. Helv. Chim. Acta, 34, 576
- 148.- SCHEFFER, F., ULRICH, B. y HIESTERMANN, P. A methodological approach to the determination of the complexing and chelating capacity of organic substances and soil. Z. Pflanzenernäh. Dung Bodenk, 76, 168-177, 1957
- 149.- STEYN, W. J. A., 1961. The errors involved in the sampling of citrus and pineapple plants for leaf analysis purposes. Plant Analysis and Fertilizer Problems. W. Renner editor. pp 409-430
- 150.- SNELL, F. y SNELL, C. (1949). Calorimetric Methods of Analysis
- 151.- SANDELL, E. B. Calorimetric Determination of traces of Metals (1944)
- 152.- SOMERS, I. I. y SNIVE, J. W. 1942. The iron-manganese relation in plant metabolism. Plant Physiol. 17, 582-602
- 153.- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. 1971, Madrid. Centro de Análisis y Predicción.

- 154.- THORNE, D. W. y col. 1950. Hypotheses concerning lime - induced chlorosis. Soil Sci. Soc. Proc., 15, 254-258
- 155.- TIFFIN y PROWN, J. C., 1959. Absortion of iron from iron chelate by cunflower roots. Science 130, 247-275
- 156.- THORNE, D. W., WANN, F. B. y ROBINSON, W., Hypotheses concerning lime - induced chlorosis. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 15, 254 (1950)
- 157.- TYURIN, I. V. 1956. The soil - forming process, soil fertility and the problem of nitrogen in pedology and agriculture. Pochvovededmie 3
- 158.- TICHY, V. y col. 1958. Influence de quelques composants de l'humus sur le developpment du blé. Folia Biologica, IV, 286
- 159.- TICHY, V. y col. 1958⁽¹⁾. Influence des substances humiques sur la germination et le développement de quelques plants cultivée Folia Biologica, IV, 281
- 160.- VIRGIN, H. I., 1955. Pretochlorophyll formation and greening in eticlated barley leaves. Physiol. Plant, 8, 630-643
- 161.- VIRGIN, H. I., 1956. Lightiinduced stomatal transpiration of eticlated wheat leaves as related to chlorophyll a content. Physiol. Plant, 9, 482-493
- 162.- VAN NOORT, D. y WELLACE, A., 1965. Iron and chlorophyll sythesis Calif. Agr. 19, 4-5
- 163.- WOLF, J. 1913. De l'action catalitique du fer dans le developpment de l'orange. C.R. Acad. Sci. 157, 1476-1478
- 164.- WARBURG, O., 1925. Iron, the oxygen-carrier of respiratioferment. Sci. 68, 569-570
- 165.- WAREBURG, O., 1928. Uebor die Katalitischen wirkunge der Lebendiger substanz. Julius Springer, Berlin
- 166.- WILLSTATER, R., 1920 (ver Fischer, N. 1931)
- 167.- WALLACE, T., 1928. Investigations on chlorosis of fruit trees. J. Pomol. and Hort. Sci. 7, 172-183
- 168.- WILSON, I. E., 1961. Leaf analysis and fertility control in commercial citrus production. Plant Analysis and Fertilizer Problems. W. Reuther. ed.

- 169.- WALLACE, A., SHANNON, L. N. y col., 1957. Soil Sci. 84, 27-41
- 170.- WALLACE, A., MUELLER, R. y col., 1955. Comparisons of five chelating agents in soils in mineral nutrient solutions, and in plant responses. Soil Sci. 80, 101-108
- 171.- WALLACE, A., 1963. Review of chelation in plant nutrition. J. Agr. Food Chem., 11, 103-107
- 172.- WALLIHAN, E. F. Relation of chlorosis to concentration of iron in citrus leaves. Am. J. Botany, 42, 101 (1958)
- 173.- WALLACE, A. and LUNT, O. R. Iron chlorosis in horticultural plant Proc. Am. Hort. Sci. 75, 819 (1960)
- 174.- WALLACE, A. (1963). Role of chelating agents on the oveilability of nutrients to plants. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 27, 176-179
- 175.- VALLACE, A. et al. (1953). Chelating agents as a means of supplyi micronutrients to woody plants in alkaline and calcareous soils. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 62, 116-118
- 176.- VALLACE, A. et al. (1955). Comparisons of five chelating agents i. soils, in nutrient solutions and in plant responses. Soil Sci. 80, 101-108
- 177.- WANNINEN, E. 1955. DTPA a new complex-forming reagent. Snomen Kemistilehti, 28 B (9), 146
- 178.- WHITE, H. E. 1954. Response of roses and gardenias to treatment with chelated iron and chelating agent. Amer. Soc. Hort. Sci. 64, 423-30
- 179.- WRIGHT, J. R. y SCHNITZER, M. (1963). Metallo-Organic Interaction Associated with Podzolization. Soil Soc. Amer. Proc. 27, 171-176
- 180.- ZDENEK, SLADKY. 1965. Die durch Blattdungung mit Humusstoffen hervorgergnfenen anotomischen und physiologischen Veranderungen der Zuckerrube. Biol. plant. VII, 251-260
- 181.- ZDENEK, S. (1959). The effect of extracted humus sustances on the growth of tomato roots. Biolog. Plant. 2 (2)
- 182.- BARON, H. 1950. Z. Anal. Chem. 143, 339-349
- 183.- CORNFELD, A. H. y POLLARD, A. G., 1950. J. Soc. Food Am. 107-109

- 184.- NICHOLAS, D. I. D. 1946. Nature, 157, 696
- 185.- MUNSELL COLOR TABLES, Maryland USA
- 186.- MAZUELOS VELA C. y GONZALEZ GARCIA, F. 1963. Deficiencias y estados de nutrición de algunas plantaciones de naranjos en la región de Sevilla. Anales Edaf. y Agrob. 22, 9-18
- 187.- JACOBSON, L. 1951. Plant Physiol. 26, 411-413
- 189.- MILLER, M. H. y OHLROGGE, A. J. 1958. Water soluble chelatin agen inorganic Materials. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 22, 225-30
- 190.- TIFFIN, L. O. y BROWN, J. C. 1961. Selective absorption of iron, from iron chelates by soy beans plants. Plant Physiol. 36, 710-714
- 191.- TRUSOV, A. G., 1916. Some chemical-biological processes occurring during the humification of plant residues. Zh. opyt. Agron. 17
- 192.- HERNANDO, Valentin, 1968. The action of humic acid of different sources on the development of plants and their effect on increasing concentration of the nutrient solution Study week on Organic Matter and soil fertility. Pontificia Academia Scientiarum. Abril 1968 (Vaticano).



Aspecto parcial de un experimento con melocotoneros
en invernadero.



Aspecto de una hoja de melocotonero, normal, tratada con materia orgánica y sulfato de hierro, y otra con signos de deficiencia de hierro.

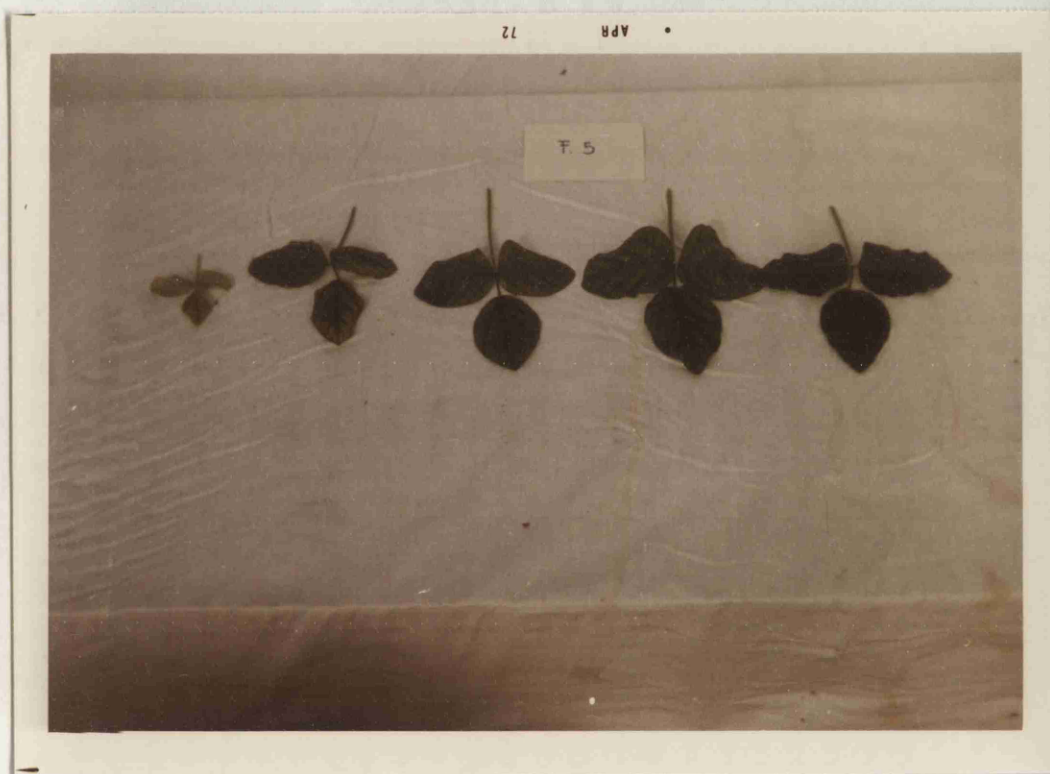


• APR • 72

Aspecto de hojas de soja con evidentes signos de clorosis y h~~o~~jas normales con tratamiento de sustancia h~~u~~mica proveniente del tratamiento de materia org~~a~~nica con sulfato de hierro.



Aspecto de un experimento hidropónico con soja, mostrando en primer plano plantas con signos de deficiencia de hierro junto con plantas normales tratadas con sustancias húmicas.



Hojas de soja de una experiencia hidropónica con carencia de hierro, y resultado de la recuperación al tratarse posteriormente con distintos compuestos de hierro.

Testigo -- Fe Cl_3 -- Fe-PF -- Fe-EDDHA -- Fe-SH .

INDICE

	298.
Introducción y Objeto del estudio	1
Antecedentes	6
Desarrollo Experimental, Discusión de los resultados	61
Experimento II-1	63
Experimento II-2	151
Experimento S-1	231
Conclusiones Generales	286
Resúmen	291
Anéxos	295
Bibliografía	321